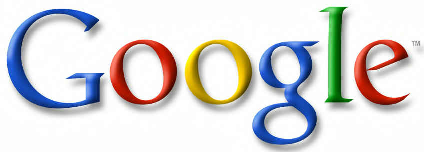



HARVARDIANAE
ACADEMIAE
SIGILLUM
IN NOV ANG
VE
RI
TAS
CHRISTO ET ECCLESIAE



ANNALES
DES MINES,
OU
RECUEIL
DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES
ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RAPPORTENT;

RÉDIGÉES

Par les Ingénieurs des Mines,

ET PUBLIÉES

Sous l'autorisation du Sous-Secrétaire d'État au ministère des Travaux Publics.

QUATRIÈME SÉRIE.

TOME XIII.

PARIS.
CARILIAN-GOEURY ET Vor DALMONT,
LIBRAIRES DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,
Quai des Augustins, nos 39 et 41.
1848.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les *Annales des Mines* sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Sous-Secrétaire d'État au ministère des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, de l'inspecteur des études et des professeurs de l'École des mines, du chef de la division des mines et d'un ingénieur secrétaire :

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des *Annales des Mines*, pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les Annales des Mines doivent être adressés, *sous le couvert de M. le sous-secrétaire d'État au ministère des travaux publics, à M. le secrétaire de la commission des Annales des Mines,* à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 10 exemplaires de leurs articles. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 10 fr. par feuille pour le premier cent, et de 5 fr. pour les suivants.

La publication des *Annales des Mines* a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les trois livraisons d'un même semestre forment un volume. — Les deux volumes composant une année contiennent de 80 à 90 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

Paris.—Imprimé par E. Thunot et Ce, successeurs de Fain et Thunot, rue Racine, 28.

ANNONCES

D'ouvrages nouveaux relatifs aux sciences et aux arts qui se rapportent à l'exploitation des Mines et Usines.

FRANCE.

JANVIER — FÉVRIER 1848.

Études géologiques et minéralogiques, ou considérations pour servir à la classification rationnelle des terrains, à celle de l'âge relatif des minéraux et des roches, ainsi qu'à celle du métamorphisme; par M. *A. Rivière*. *Première partie* : Considérations pour servir à la théorie de la classification rationnelle des terrains. In-8 de 18 feuilles 3/4. Impr. de A. Lacour, à Paris.

Note analytique sur les machines de M. Paul Godefroy, pour l'exécution mécanique de la teinture et rayures graduées; rédigée par M. *Faure*, ingénieur civil. In-4 de 2 feuilles. Impr. de Poussielgue, à Paris.

Éléments de chimie organique, comprenant les applications de cette science à la physiologie animale; par M. *E. Millon*, professeur de chimie à l'hôpital militaire de perfectionnement du Val-de-Grâce. Tome second et dernier; faux titre et titre; feuilles 21 à 49. In-8 de 28 feuilles 1/2. Impr. de Crapelet, à Paris. — A Paris, chez J.-B. Baillère.

Prix de l'ouvrage complet, 2 vol. in-8. . 15 fr.
Du tome 2e, séparément. . . . . 7 fr. 50 c.

Éléments de l'économie politique. Exposé des notions fondamentales de cette science; par M. *Joseph Garnier*. In-18 de 12 feuilles. Impr. de Gratiot, à Paris. — A Paris, chez Guillaumin, rue Richelieu, 14.

Prix. 3 fr. 50 c.

a*

Résumé historique des premières applications de la poudre à canon et de la vapeur comme puissances mécaniques; par M. *Rouget de l'Isle*. In-4 de 3 feuilles. Impr. de Mme Bouchard-Huzard, à Paris.

Tarif du prix des glaces non étamées de la manufacture de Montluçon; entrepôt rue de la Douane, à Paris. 1er janvier 1848. In-18 de 2 feuilles 2/3. Impr. de Proux, à Paris.

Description des machines et procédés consignés dans les brevets d'invention, de perfectionnement et d'importation dont la durée est expirée, et dans ceux dont la déchéance a été prononcée. Publiée par les ordres de M. le Ministre du commerce. Tome XLV. In-4 de 70 feuilles, plus 38 pl. Impr. de Mme Bouchard-Huzard, à Paris. — A Paris, chez Mme Bouchard-Huzard, rue de l'Éperon, 7. Prix. . . . . 15 fr.

Manuels-Roret. Nouveau manuel du capitaine, du chauffeur et du constructeur de bâtiments et de machines à vapeur appliqués à la marine; par M. *Janvier*, officier de marine. In-18 de 8 feuilles 2/3, plus 4 pl. Impr. de Mme veuve Bastien, à Toul. — A Paris, chez Roret, rue Hautefeuille, 10 bis. Prix. . . . . . 3 fr. 50 c.

Recueil des machines, instruments et appareils qui servent à l'économie rurale et industrielle, etc.; publié, avec les détails nécessaires à la construction, par M. *Leblanc*. 11e livraison in-folio oblong d'une feuille, plus 6 pl. — A Paris, chez l'auteur, rue du Faubourg-Saint-Martin, 41; chez Carilian-Gœury et Vor Dalmont, quai des Augustins, 39-41.

Cette livraison comprend le texte et les planches d'une machine à vapeur à un seul cylindre.

Des Horloges du système Schwilgué, pour églises, chemins de fer, établissements publics et particuliers. In-8 de 2 feuilles 3/4. Impr. de Dannbach, à Strasbourg. — A Strasbourg, rue Brûlée, 24.

Introduction théorique et pratique à la science de l'ingénieur; par M. *J. Claudel*, ingénieur civil. In-8 de

30 feuilles 3/4. Impr. de Fain et Thunot, à Paris. — A Paris, chez Carilian-Gœury et V^or Dalmont, quai des Augustins, 39-41. Prix. . . . . 9 fr.

PUBLICATION INDUSTRIELLE des machines, outils et appareils les plus perfectionnés et les plus récents employés dans les différentes branches de l'industrie française et étrangère; par M. *Armengaud* aîné, ingénieur civil. Texte, tome VI, livraisons 4 et 5, feuilles 9-17. In-8 de 8 feuilles 1/2. Impr. de Claye, à Paris. — A Paris, chez l'auteur, rue Saint-Sébastien, 19 *quater*; chez Carilian-Gœury et V^or Dalmont, quai des Augustins, 39-41.

Il paraît 10 livraisons par année, lesquelles forment un atlas de 40 pl. in-folio, et un volume de texte de plus de 500 pages. Prix de la souscription annuelle. 30 fr. La livraison. . . . . 5 fr.

TRAITÉ de l'exploitation des mines; par M. *Ch. Combes*, *ingénieur en chef* des mines. Tomes I et II. 2 vol. in-8, ensemble de 81 feuilles 1/2, plus un atlas in-folio oblong d'une demi-feuille et 28 pl. Impr. de Fain et Thunot, à Paris. — A Paris, chez Carilian-Gœury et V^or Dalmont, quai des Augustins, 39-41.

Prix de l'ouvrage en 3 vol. et atlas. . . . . . 45 fr.

ESSAI sur la fabrication du salpêtre en France; par M. *C. Mayer*. In-8 de 3 feuilles. Impr. de Trécourt, à Mézières. A Paris, chez Carilian-Gœury et V^or Dalmont, quai des Augustins, 39-41.

MÉMOIRE DESCRIPTIF des diverses opérations dont l'ensemble constitue la fabrication du pyroxyle; par M. *H. A. Meynier*, professeur de chimie. In-4 de 3 feuilles. Impr. de Martinet, à Paris.

NOTICE sur la fabrication des eaux minérales gazeuses factices; par M. *P.-H. Savaresse*. In-8 de 6 feuilles 3/4, plus 3 pl. Impr. d'Appert, à Paris. — A Paris, chez l'auteur, rue des Marais-du-Temple, 36.

PERFECTIONNEMENT dans la navigation à vapeur. Exposition d'un nouveau mode de construction navale en fer

et en bois combinés; description d'une mâture mobile et d'une roue à palettes pivotantes suivant le rayon appropriées à la navigation mixte par le vent et la vapeur; plan d'un nouveau système réalisé à bord de la goëlette à vapeur *la Persévérance*. Par M. le baron *A. Séguier*, avec la coopération de MM. *Delamorinière* et *Durand*. In-4 de 3 feuilles 1/2, plus 9 pl. Impr. de Bachelier, à Paris.

DESCRIPTION

Des procédés métallurgiques employés dans le pays de Galles pour la fabrication du cuivre; et recherches sur l'état actuel et l'avenir probable de la production et du commerce de ce métal (1);

Par M. F. LE PLAY, ingénieur en chef des mines, professeur de métallurgie à l'École des mines.

INTRODUCTION.

Situation remarquable des fonderies galloises.

Les fonderies de minerais de cuivre situées dans la baie de Bristol, sur le rivage méridional de la principauté de Galles, présentent, depuis quelques années, plusieurs circonstances jusqu'ici sans exemple dans l'histoire de la métallurgie et sur lesquelles il me paraît utile à plusieurs égards d'appeler l'attention des personnes qui prennent part en France et en d'autres contrées à la production ou au commerce de ce métal.

Les minerais métallifères, et ceux de cuivre en

(1) *Sur les unités d'évaluation employées dans ce mémoire.*

La diversité presque infinie des systèmes de poids, de monnaies et de mesures employés dans les principaux districts de mines de l'Europe, a souvent eu pour résultat de priver la métallurgie de ces évaluations précises et de ces moyens de comparaison qui sont pour elle, comme pour les autres sciences d'observation, le meilleur moyen de progrès. L'Angleterre a conservé, jusqu'à ce jour, l'un des systèmes les plus imparfaits qui subsistent en Europe. Les évaluations faites avec les unités anglaises ne comportent pas ces rapprochements utiles qui se présentent au

particulier, contenant ordinairement une proportion considérable de matières inutiles, ont pour la plupart une valeur fort inférieure à celle d'un poids égal du métal utile qu'ils renferment. Pour épargner la dépense qu'entraînerait le transport lointain de ces matières, il convient donc en général que les minerais soient traités à proximité des mines, dans des fonderies liées à ces dernières par des voies économiques de communication, et réunissant d'ailleurs les conditions naturelles les plus favorables au traitement métallurgique. C'est dans ces conditions que sont éta-

---

contraire si naturellement dans le système décimal. J'aurais introduit d'ailleurs, dans cet ouvrage, une grande complication, si j'avais présenté simultanément dans les deux systèmes tous les résultats numériques nécessaires à l'exposé des faits. Reconnaissant néanmoins la convenance de conserver, pour certaines évaluations, la trace des unités anglaises, je me suis arrêté aux déterminations suivantes :

Toutes les évaluations de longueur, de surface et de volume ont été directement exprimées en unités métriques. Les poids ont été exprimés en tonnes anglaises, les valeurs en shillings et en fractions décimales du shilling : l'égalité ou le rapport simple qui existe entre ces dernières unités et celles qui leur correspondent dans le système français, rendent très-faciles les conversions approximatives que le lecteur aurait à faire d'un système à l'autre. Les conversions rigoureuses peuvent d'ailleurs être faites au moyen des rapports indiqués ci-après :

1 pouce anglais.	=	$0^{m},025$
1 pied anglais. = 12 pouces.	=	$0^{m},305$
1 yard = 3 pieds.	=	$0^{m},914$
1 mille = 1760 yards.	=	$1609^{m},315$
1 gallon.	=	$4^{lit},543$
1 bushel = 8 gallons.	=	$36^{lit},348$
1 livre (avoir-du-poids).	=	$0^{kil},454$
1 quintal = 112 liv. a. d. p.	=	$50^{kil},79$
1 tonne = 20 quintaux.	=	$1015^{kil},94$
1 shilling.	=	$1^{f},260$
1 livre sterling = 20 shillings.	=	$25^{f},208$

1 shilling par tonne anglaise équivaut à $1^{f},24$ par 1000 kil.

1 livre sterling par tonne anglaise équivaut à $24^{f},81$ par 1000 kil.

blies les grandes fonderies de cuivre de l'Altaï, des monts Ourals, de la Russie d'Europe, de la Suède et de la Norwège, de la Hongrie, du Tyrol, de l'Allemagne du Nord : partout, dans ces grands districts métallurgiques, la position géographique des usines a été rigoureusement déterminée par celle des gîtes métallifères : il est rare que la distance franchie par les minerais y excède 50 kilomètres; presque toujours elle est inférieure à 10 kilomètres.

Les fonderies galloises, elles-mêmes, se sont d'abord établies dans des conditions semblables, au centre de nombreuses mines exploitées sur les côtes du Cornouailles et du Devonshire, du pays de Galles, de l'Irlande, dans l'île de Man, etc. Les minerais amenés par voie de mer, de distances ordinairement comprises entre 100 et 400 kilomètres n'y sont pas grevés de frais de transport plus considérables que ceux qu'exigent sur le continent des distances dix fois moindres.

Mais depuis vingt ans cet ancien ordre de choses s'est remarquablement modifié : les heureuses conditions naturelles réunies dans le sol du pays de Galles; le haut degré de perfection donné aux procédés métallurgiques de ce district; l'immense commerce maritime qui met, en quelque sorte, la Grande-Bretagne en contact avec tous les pays commerçants; enfin le génie entreprenant des négociants anglais, ont progressivement étendu le rayon d'approvisionnement des usines galloises : celui-ci n'a aujourd'hui d'autres limites que celles du globe terrestre. Lors même que les minerais indigènes viendraient à manquer, les fonderies du pays de Galles, alimentées par les minerais du littoral européen, de l'île de Cuba, du Mexique,

de la Colombie, du Pérou, du Chili, de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande, produiraient encore quatre fois plus de cuivre que les districts du continent européen les plus renommés pour l'importance de leur production. Dans leur état actuel, en élaborant les minerais indigènes et étrangers, elles livrent au commerce plus de cuivre que toutes les autres fonderies de l'ancien et du nouveau monde. Cet ouvrage a en partie pour but de décrire toutes les circonstances qui ont donné naissance à un si remarquable développement d'industrie.

Influence des fonderies galloises et du tarif britannique sur le commerce du cuivre.

La Grande-Bretagne ne consomme pas à beaucoup près la totalité du cuivre extrait de ses mines. Depuis longtemps elle exporte dans les pays étrangers une quantité considérable de ce métal. Elle n'a donc pu attirer chez elle les minerais étrangers qu'à la condition de réexporter tout le cuivre qui en est extrait. Jusqu'en 1842, l'industrie britannique s'est simplement placée comme intermédiaire entre les producteurs de minerai et les consommateurs de cuivre; elle se bornait à prélever pour prix de cette intervention tous les avantages attachés soit au transport et au traitement métallurgique des minerais, soit au magasinage, au transport et à la vente du cuivre fabriqué. Mais, à dater de cette époque, le gouvernement anglais a voulu que ce transit du cuivre sur le sol de la Grande-Bretagne assurât au trésor public des avantages encore plus directs que ceux qui résultaient implicitement de ce grand mouvement commercial et industriel. Un droit de douane considérable levé sur tous les minerais importés a établi un précédent sans exemple dans

l'histoire du commerce, celui d'un impôt prélevé sur des producteurs et des consommateurs étrangers, à l'occasion d'un produit qui ne peut trouver aucun placement sur le marché indigène. Cet impôt frappe surtout, d'une part, les exploitants américains qui produisent la plupart des minerais importés; de l'autre, les fabriques françaises qui depuis dix ans ont consommé le tiers ou la moitié, parfois les trois quarts du cuivre extrait en Grande-Bretagne de ces mêmes minerais. Je présente dans cet ouvrage (§ 15) un exposé de ces combinaisons douanières, dont l'industrie européenne ne paraît pas avoir suffisamment apprécié la portée; je recherche si ce vaste commerce de cuivre indépendant au fond du sol britannique doit, dans le cours naturel des choses, subir ces exigences de la législation anglaise, et je prouve que l'industrie française en particulier peut aisément s'y soustraire.

Ces études, entreprises surtout en vue de servir au progrès de l'industrie métallurgique, m'ont en outre conduit à diverses conséquences qui me paraissent de nature à intéresser les personnes vouées à l'étude des phénomènes naturels. Ce mémoire offre, en effet, plusieurs faits nouveaux à l'appui des vues que j'ai déjà eu occasion de produire (1) touchant les véritables moyens de progrès de la science métallurgique et le secours que celle-ci peut offrir aux autres sciences d'observation. Le but spécial de cet ouvrage m'obligeant

Considérations générales sur la métallurgie, déduites des faits spéciaux décrits dans cet ouvrage.

(1) Mémoire sur la fabrication et le commerce des fers à acier dans le Nord de l'Europe, etc. (Annales des mines, 4e série, t. IX, p. 122.)

en général à présenter ces faits sans commentaire, j'essayerai dans cette introduction de les relier entre eux à l'avance, par quelques réflexions sommaires.

L'étude approfondie des sciences a surtout pour résultat d'en faire apercevoir les imperfections, et il se présente souvent dans l'histoire de chaque science des époques où le meilleur moyen de progrès consiste à mettre ces imperfections en évidence. L'espèce de quiétude produite par la théorie des quatre éléments, pour la conception des phénomènes de la chimie, a été certainement l'un des plus grands obstacles au développement de cette science, et M. Thénard faisait fort justement remarquer dans ses cours que les expériences de Jean Rey et de Bayen, en démontrant la fausseté de l'ancienne théorie de l'air, renfermaient implicitement la réforme qui s'est accomplie à la fin du dernier siècle dans les théories chimiques. La science métallurgique qui traite des phénomènes produits dans les ateliers où se fabriquent les métaux me semble parvenue aujourd'hui à l'une de ces époques.

Relations de la métallurgie avec les sciences physiques.

La métallurgie comparée aux sciences qui sont plus spécialement en contact avec elle, la chimie, la pharmacie, la physique, etc., jouit depuis les premiers âges de la civilisation d'un avantage décidé : c'est que par la force même des choses, son progrès a toujours été confié à des hommes moins soumis que les autres à l'empire des idées admises, et sans cesse excités par l'un des mobiles les plus puissants de l'humanité, le désir du gain, à rechercher la vérité par voie d'expérience et à s'y arrêter lorsqu'elle était trouvée. C'est ainsi que

longtemps avant l'ère chrétienne les phénomènes physiques, mécaniques et chimiques qui servent de base à la fabrication des métaux avaient presque tous été découverts. Les masses considérables de résidus métallurgiques accumulés sur la côte orientale de l'Espagne démontrent, par exemple, que les premières exploitations d'argent y étaient conduites exactement d'après les mêmes principes qui sont encore en usage aujourd'hui : or, si l'on réfléchit que les Phéniciens, lorsqu'ils abordèrent dans cette contrée, onze siècles avant l'ère actuelle, trouvèrent déjà la métallurgie de l'argent dans un état prospère, on ne peut s'empêcher d'admirer l'efficacité d'une méthode d'invention qui avait déjà créé une des branches les plus compliquées, les plus délicates de la métallurgie dans des sociétés peu avancées sous d'autres rapports, et qui, par exemple, n'ont pu transmettre leur propre histoire à la postérité. La plupart des phénomènes fondamentaux de la métallurgie étaient découverts et régulièrement appliqués aux besoins de l'homme avant que les sciences physiques proprement dites fussent constituées. Celles-ci n'ont donc point aidé au progrès de la métallurgie : loin de là, les premiers observateurs, qui, en considérant les réactions particulières de certains corps, ont donné naissance à la chimie, prirent presque toujours pour point de départ de leurs recherches les faits constatés par les métallurgistes.

Cette relation de la métallurgie avec les sciences physiques proprement dites se trouva heureusement modifiée à la fin du siècle dernier. Dès que la découverte de la composition de l'air eut fourni des notions justes et précises sur les phénomènes qui s'accomplissent à la surface du globe,

la chimie prit en quelque sorte la haute direction de toutes les recherches relatives à l'étude du monde physique. Rendant à la métallurgie le secours qu'elle en avait reçu, elle vint fournir l'explication scientifique d'une multitude de faits qui n'avaient jusqu'alors d'autre sanction que celle de l'expérience. En montrant les relations simples qui existaient entre ces faits, elle permit de décrire les phénomènes métallurgiques d'une manière plus satisfaisante que lorsqu'il fallait les présenter comme une suite de pratiques isolées. Elle permit enfin de jeter ces solides fondements de métallurgie théorique que l'on trouve dans les travaux de Berzélius, de Karsten, de Selfström, etc. A dater de ce moment, la chimie n'a cessé de prêter à cette science un concours efficace.

Distinction fondamentale à établir entre la chimie et la métallurgie.

Cependant, ainsi qu'il arrive presque toujours lorsqu'une voie nouvelle est ouverte à l'esprit humain, on s'est exagéré en plusieurs cas l'influence que la chimie pouvait exercer, soit sur les sciences proprement dites, soit sur d'autres modes d'activité humaine; c'est surtout en ce qui concerne la métallurgie que cette exagération s'est fait sentir. En voyant la chimie expliquer si heureusement certains phénomènes relatifs à la production des métaux, sur lesquels l'attention des savants était depuis longtemps dirigée, les personnes initiées aux connaissances chimiques ont été peu à peu conduites à l'opinion qu'il en devait être de même dès à présent pour toute la métallurgie. On a donc souvent admis que les connaissances chimiques proprement dites comprenaient implicitement l'explication de tous les faits qui composent le domaine de cette science; dans cet ordre

d'idées, on a présenté la métallurgie comme un corollaire de la chimie, ce que l'on a quelquefois exprimé en disant que la métallurgie n'est que de la chimie pratiquée en grand.

L'observation attentive des ateliers métallurgiques ne tarde pas à révéler l'inexactitude de ce point de vue; elle démontre que les procédés de la métallurgie et ceux de la chimie expérimentale ne se distinguent pas seulement par l'échelle des opérations, mais qu'ils admettent en général des principes et des moyens d'action essentiellement différents. Il faut considérer en outre que la plupart des phénomènes physiques qui interviennent dans le travail des métaux ne sont connus jusqu'à ce jour que dans les fonderies où on les reproduit depuis *un temps immémorial*; en sorte qu'aucun savant ne s'est encore trouvé dans le cas d'étudier la connexion qui existe entre ces faits ordinairement fort complexes et les lois élémentaires des sciences physiques.

En résumé, bien que la chimie ait fourni de précieux aperçus théoriques sur certains faits métallurgiques dont la connaissance est usuellement répandue en dehors des ateliers, on égarerait la science et l'industrie en affirmant que les connaissances chimiques actuelles renferment implicitement toute la métallurgie. Cette opinion serait aussi stérile pour le progrès des arts et des connaissances humaines que l'a été pendant une longue série de siècles la théorie des quatre éléments.

Pour faire comprendre que la métallurgie est tout autre chose qu'un corollaire de la chimie, j'appellerai l'attention du lecteur sur les faits suivants.

Les célèbres auteurs de deux traités classiques, MM. Thénard et Dumas, dans le tableau complet qu'ils ont tracé de l'état actuel de la chimie, n'ont pas voulu omettre l'exposé des importantes réactions chimiques qui s'accomplissent dans les ateliers métallurgiques. Ils ont donc joint à leurs ouvrages des résumés sommaires sur les principales méthodes métallurgiques qui avaient été décrites à l'époque où ils écrivaient; mais ces habiles chimistes se sont bien gardés, malgré la spécialité qu'ils traitaient, de présenter la fabrication de chaque métal comme une conséquence des propriétés chimiques de ce corps; il ont groupé tous les arts métallurgiques en un ensemble parfaitement distinct, qui, à la rigueur, pourrait être publié séparément sans cesser d'être complet, et sans faire lacune dans le reste de l'ouvrage; ils ont mis par là en évidence les différences profondes qui existent entre les faits appartenant aux deux domaines de la chimie et de la métallurgie.

Ainsi que je l'indiquais précédemment, c'est un fait incontestable que les phénomènes métallurgiques sont jusqu'à ce jour à peine entrevus par les savants; que la plupart des faits ne sont connus aujourd'hui que dans les ateliers; il est donc peu probable *à priori* qu'une conception scientifique puisse fructueusement intervenir, dans l'état actuel de nos connaissances, au milieu de faits si complexes et si délicats; les mécomptes entraînés depuis un demi-siècle par les tentatives de ce genre ont d'ailleurs trop souvent prouvé, par voie d'expérience, l'impuissance de ces conceptions. Les personnes disposées à attribuer sous ce rapport aux sciences pures une efficacité qui ne leur est point encore acquise, seraient vraisemblablement

fort étonnées si elles lisaient seulement l'énumération des efforts infructueux inspirés par des théories inexactes ou incomplètes, dans les branches les plus usuelles de la métallurgie, et par exemple dans la carbonisation du bois, dans la fabrication directe du fer, dans la fabrication de l'acier, etc.

Il faut même reconnaître que l'inexactitude de certains aperçus théoriques a pu, dans certains cas, apporter des obstacles au progrès des méthodes. C'est ainsi, par exemple, que la projection de l'air chaud dans les fourneaux à tuyères, seul principe nouveau qui, à ma connaissance, ait été introduit depuis un demi-siècle dans la pratique des usines métallurgiques, a été appliquée par des praticiens contrairement aux opinions alors admises au sujet de ces fourneaux.

Progrès futur de la métallurgie subordonné à l'observation des faits.

Il en sera tout autrement lorsque les procédés métallurgiques seront mieux connus, et lorsque, avec le concours de toutes les sciences physiques, on aura pu en faire une théorie moins imparfaite. Il est d'autant mieux à espérer que les aperçus scientifiques suggéreront alors de précieux moyens d'amélioration, que jusqu'à ce jour les arts métallurgiques se sont formés par une méthode d'invention et sous des influences essentiellement différentes. En métallurgie, de même au reste que dans la plupart des autres branches de connaissances humaines, c'est donc l'observation qui fait défaut.

Difficultés de l'observation en métallurgie.

Mais en pénétrant avec cette intention dans les ateliers, on ne tarde pas à reconnaître les difficultés de l'observation, alors même qu'écartant celles qui naissent de l'extrême complication du sujet,

on se bornerait à étudier une seule branche de fabrication. Outre les difficultés qui se représentent dans toutes les sciences d'observation, le métallurgiste est arrêté pour ainsi dire à chaque pas par trois obstacles que ne connaissent pas les personnes vouées à l'étude des sciences physiques proprement dites et de l'histoire naturelle; ce sont : l'éloignement géographique des ateliers, la résistance des propriétaires d'usines qui se croient intéressés à empêcher la divulgation des procédés, enfin et surtout les difficultés de tout genre que trouvent les observateurs à entrer en communication avec les ouvriers qui seuls ont partout la connaissance approfondie des faits.

On s'explique très-bien, à la vue des ateliers, que tant de difficultés aient éloigné les théoriciens des véritables sources de la vérité; qu'en général on ait trouvé commode de fonder la métallurgie sur quelques conceptions théoriques empruntées aux sciences physiques plutôt que sur les faits observés dans les fonderies.

Opinions fausses des anciens touchant l'intervention des ouvriers dans les phénomènes métallurgiques.

Ce qui a principalement nui, jusqu'à ce jour, au progrès de la métallurgie théorique, et par suite aux perfectionnements qu'une théorie plus complète et plus juste aurait pu introduire dans la pratique de l'art, c'est l'opinion fausse qui a été longtemps répandue touchant l'intervention des ouvriers dans les phénomènes métallurgiques. Dans l'opinion que se formaient les sociétés anciennes de la pratique des arts industriels, et surtout de l'extraction des métaux (1), il était

---

(1) . . . Persequimur omnes ejus fibras, vivimusque super excavatam, mirantes dehiscere aliquando, aut intre-

naturel que les classes libérales détournassent leur attention d'une occupation méprisable et en quelque sorte impie. Cette ignorance des faits suggérait naturellement la pensée que personne ne pouvait, de son plein gré, s'adonner à des travaux réputés vils, et que l'on croyait d'ailleurs entourés de dangers et de difficultés extraordinaires. On s'explique donc que les écrivains les plus dévoués à l'étude des phénomènes physiques pensassent que dans les occupations d'une classe méprisée et courbée par la force au travail, rien ne pouvait être digne de la méditation des philosophes. L'une des plus solides conquêtes de la philosophie moderne est d'avoir mis en honneur le principe même du travail; sous ce rapport, sans

---

miscere illam : ceu vero non hoc etiam indignatione sacræ parentis exprimi possit.....

. . . Nous pénétrons dans toutes les veines de la terre, nous vivons sur les cavernes que nous y avons faites, et nous nous étonnons qu'elle s'ouvre et tremble quelquefois, comme si ces phénomènes ne révélaient pas l'indignation de notre mère.....

Pline, livre XXXIII.

« Gothinos gallica lingua coarguit non esse Germanos,
» et quod tributa patiuntur : partem tributorum Sarmatæ,
» partem Quadi, ut alienigenis imponunt. Gothini, quò
» magis pudeat, et ferrum effodiunt. »

La langue gauloise que parlent les Gothins, et la résignation avec laquelle ils supportent des tributs prouvent que ce ne sont point des Germains. Une partie de ces tributs leur est imposée par les Sarmates, une partie par les Quades qui les traitent comme des étrangers. Les Gothins poussent l'ignominie jusqu'à exploiter les mines de fer.

Tacite. De moribus Germanorum Libellus, XLIII.

doute, les classes libérales sont aujourd'hui disposées à voir les arts industriels sous un tout autre jour que les anciens; cependant la réforme dans les idées ne sera complète que lorsqu'on aura bien démontré que les travaux des ateliers ne sont pas seulement chose utile et estimable, mais qu'ils ont en outre par eux-mêmes une haute valeur philosophique. En ce qui concerne particulièrement la métallurgie, il reste à faire comprendre que les milliers de phénomènes encore ignorés des savants, mais reproduits journellement depuis trente siècles au fond des ateliers, sont admirablement coordonnés entre eux et avec les grandes lois naturelles que la science commence à peine à entrevoir; que les ouvriers qui reproduisent à volonté ces phénomènes avec tant de précision, sont les vrais dépositaires de l'expérience accumulée depuis l'origine de la civilisation. Quinze années d'observations dans les principales usines de l'Europe m'ont démontré que les réactions physiques, chimiques et mécaniques accomplies par les fondeurs, loin d'être abandonnées au hasard, sont ordinairement le résultat des combinaisons les plus ingénieuses; qu'elles méritent tout aussi justement l'attention des philosophes que celles qui se produisent par le jeu spontané des forces naturelles; qu'elles peuvent enfin aussi bien que ces dernières conduire à la connaissance de ces grandes lois dont la découverte vient chaque jour aider l'homme à asservir les agents naturels et à étendre son empire sur le monde physique. Je pense, en résumé, que l'expérience des ouvriers ouvre à la science d'immenses trésors, et que rien ne saurait suppléer, même au point de vue scientifique pur, à l'observation attentive, minutieuse, philosophique de leurs travaux.

Malheureusement pour le progrès de ces idées, il existe encore dans les sociétés modernes un certain reflet de l'opinion qu'entretenaient les anciens à l'égard des travaux des mines et des fonderies. J'ai, par exemple, rencontré chez beaucoup de personnes éclairées la conviction que l'essor extraordinaire imprimé aujourd'hui aux mines de Sibérie, est le résultat de la violence qui y retiendrait des populations opprimées. Ces personnes se trouvent donc peu disposées à admettre que les procédés métallurgiques de la Sibérie, créés par des praticiens dévoués à leur art, attachés à leur pays natal, ont à plusieurs égards atteint un degré de perfection qui ne se retrouve dans aucune autre région du globe. La conservation de telles opinions au milieu du XIXe siècle m'*explique* parfaitement l'inexactitude des impressions qu'ont propagées les auteurs anciens touchant la situation physique et morale des ouvriers métallurgistes et implicitement sur le degré de perfection que ceux-ci avaient donné à leurs travaux. On ne peut trouver étonnant que Pline adoptât, il y a dix-huit siècles, à l'égard des fondeurs de l'Espagne, de la Gaule, de la Macédoine, de l'Attique, etc., les idées qui subsistent encore dans l'ouest de l'Europe au sujet des fondeurs sibériens, dans les classes libérales de la société, et que l'on retrouve même dans les écrits de personnes qui ont visité la Russie.

Un reflet des opinions des anciens s'est conservé jusqu'à ce jour.

Une autre cause a détourné l'attention des véritables sources de l'observation : c'est l'opinion fausse que j'ai déjà signalée touchant le rôle que les sciences pures peuvent prendre dès à présent dans la direction et le perfectionnement des arts

Idée exagérée de l'efficacité pratique à attribuer aux sciences pures dans leur état actuel.

métallurgiques. Cette opinion conduisait naturellement à méconnaître l'importance des ouvriers. En premier lieu, les convictions créées par une théorie fausse ou incomplète ont toujours empêché les théoriciens d'apprécier à sa juste valeur l'intervention des véritables manipulateurs de la métallurgie, et d'être ramenés, par l'observation même de leurs travaux, à un plus juste point de vue. En second lieu, les tentatives d'amélioration faites d'après cette théorie se trouvant constamment condamnées par l'expérience, la même préoccupation a toujours conduit les théoriciens à affirmer que ce non-succès devait être attribué à l'inhabileté, à la mauvaise volonté, et, suivant l'expression consacrée, à la *routine* des ouvriers. On s'est donc habitué à voir un obstacle dans ce qui constitue la principale force de l'industrie, l'intervention intelligente de l'homme. De là les tendances si fréquentes dans une certaine école industrielle et qui se résument dans ce principe, qu'il faut autant que possible rendre les opérations des arts indépendantes de l'habileté et de l'intelligence des ouvriers. Telles sont les conséquences ordinaires des opinions qui ne tiennent point compte de l'expérience. Les personnes qui prétendent soumettre des industries qui datent de trente siècles, à l'empire d'une théorie à peine éclose, ne sont pas seulement impuissantes à améliorer les méthodes actuelles; elles contribuent trop souvent à égarer l'industrie, soit en la dirigeant vers un but chimérique, soit en l'excitant à méconnaître les ressources qui lui sont acquises. C'est en ce sens seulement que tant d'industriels ruinés par d'imprudentes tentatives ont pu affirmer avec raison que *la pratique vaut*

mieux que la théorie. Cette juste condamnation d'une fausse science ne saurait être étendue en principe à la théorie que les vrais savants s'appliquent sans cesse à créer : celle-ci, reposant immédiatement sur l'expérience, acceptant et expliquant tous les faits, ne saurait jamais se trouver en contradiction avec la pratique.

L'étude plus approfondie des ateliers métallurgiques ramènera infailliblement à de plus justes idées sur la valeur réelle des procédés consacrés pour l'expérience, et sur l'importance qu'il faut attribuer, mais au point de vue scientifique, aux ouvriers qui les exécutent. Je n'ai pas tardé, en ce qui me concerne, à reconnaître l'insuffisance des vues théoriques qui semblaient condamner la pratique des ateliers, et je dois presque exclusivement à mes relations avec les ouvriers les connaissances plus exactes qu'il m'a été permis d'acquérir. J'avoue que dans toutes les occasions où il m'a été permis d'embrasser le détail et l'ensemble de leurs travaux, j'ai éprouvé un vif sentiment d'admiration pour leur adresse et leur intelligence. C'est en effet une circonstance bien digne de fixer l'attention, que de voir des hommes étrangers en apparence à toute éducation intellectuelle, apprécier avec un tact exquis les plus légères nuances, dans des phénomènes dont la science pure n'a jamais jusqu'à ce jour soupçonné l'existence. Rien ne me paraît plus digne d'être mis en lumière, et c'est dans cette divulgation que me paraît surtout consister la philosophie des arts métallurgiques. J'ose espérer qu'à défaut de considérations plus étendues, qui seraient ici hors de propos, le lecteur trouvera la confirmation de ces vues dans la description des procédés métallurgiques qui forment

l'objet principal de cet ouvrage (1). Lorsqu'on a pu ainsi pénétrer dans la pensée des ouvriers qui président aux principales opérations de la métallurgie, on éprouve une sorte de honte à penser que des écrivains ont pu être conduits, par l'ignorance des faits, à flétrir, sous le nom de routine, des travaux fondés sur une connaissance si ferme, si complète des lois du monde physique.

Valeur philosophique de la métallurgie comparée aux autres connaissances humaines.

Cette opinion sur la valeur philosophique qui appartient à beaucoup d'arts industriels et surtout à la métallurgie, a depuis longtemps été produite par des hommes éminents. Elle se manifeste chez les illustres auteurs de l'Encyclopédie du XVIII[e] siècle, en plusieurs passages de leurs écrits, et surtout par le zèle qu'ils ont mis à rassembler, dans ce bel ouvrage, les descriptions de tous les arts. M. Jean Reynaud, ingénieur des mines, en jugeant dans un article récent (2) les travaux d'Emmanuel Swedenborg fait remarquer que cet homme célèbre a parfaitement apprécié dès le commencement du XVIII[e] siècle, la situation relative des sciences pures et des arts métallurgiques. Swedenborg, qui avait conçu et partiellement réalisé le projet de visiter tous les ateliers métallurgiques de l'Europe, avait été conduit par l'observation des faits à la même opinion que m'a suggérée, un siècle plus tard, la réalisation d'une semblable entreprise. Je ne puis donc mieux résumer les considérations que je viens d'exposer qu'en citant le

(1) Voir surtout ci-après § 3, p. 125, 137, 152, 156 et 168; § 4, p. 203, 210, 213, 216; § 6; § 8; § 12; etc.

(2) Magasin pittoresque, année 1847, page 26.

passage suivant (1), où Swedenborg caractérise admirablement le rôle élevé que la métallurgie paraît appelé à remplir, indépendamment de son utilité usuelle, et à ne considérer que le point de vue philosophique, dans l'ensemble des connaissances humaines.

« Les arts ayant pour objet la fonte des divers » minerais métalliques ne servent pas seulement » aux usages ordinaires de l'homme...; ils nous of- » frent en outre un riche faisceau d'expériences, de » la même manière que le fait la chimie au moyen » de ses fourneaux et de ses autres instruments. » Quelle variété n'offrent pas en effet les méthodes

(1) « Quod..... modos liquatorios venarum concer- » nit, tenendum est, quod *scientia illa non modo usibus* » *humanis maxime inserviat;* ..... *Sed etiam eadem locu-* » *ples experimentorum penum exhibet, quale chymia per* » *suos focos instrumentorumque congeriem.* Quot enim » non varietates se offerunt in solutionibus et aperitio- » nibus cujusvis venæ per siccum ignem institutis, in » illarum et metallorum commixtionibus cum menstruis, » lapidibus et phlogistis multiplicis generis; quot non in » ipsis furnis et ignibus, qui contextum et compagem » cujusque in partes minimas dirigunt et intime lustrant: » patent etiam innumera orbi litterato arcana quæ tan- » tummodo sunt cognita et tanquam vulgaria genti igno- » bili fabrorum, liquatorum et id genus aliis, obscuris- » simæ turbæ, quæ Cyclopum instar nigro vultu incedit, » et ex qua nihil candidi aut ingeniosi sperari possit pu- » taremus : *Sed scientia illorum unice est practica, et* » *experientiæ documentisque veris innixa; in qua ratione* » *multis scientiis anteferri vel cum illis æquiparari mere-* » *tur*; omnia enim cum ipso opere conveniunt; exinde » sequitur, quod ex hac parte operis nostri luculentiores » et certiores habeantur rerum quarundam naturalium » indagines, quam aliunde; præcipue si Metallurgica » scientia, cum chymica consortium ineat, et socias ma- » nus jungat, adque unam eamdemque metam utraque » sic tendat..... »

» employées pour traiter les minerais au moyen » du feu; les fondants et les réactifs de tout genre » mis en présence des minerais et des métaux; » les fourneaux qui servent à fondre les minerais » les plus réfractaires et à porter les métaux à un » si haut degré de pureté! Ils présentent une multitude innombrable de secrets inconnus du » monde savant, mais familiers aux forgerons, aux » fondeurs et autres ouvriers de même sorte, race » méprisée, cachée en quelque sorte à la lumière » du jour, pareille aux cyclopes par ses visages » noircis et de laquelle il semblerait qu'on ne doit » attendre rien d'exact ni d'ingénieux. Mais leur » science uniquement pratique est fondée sur » l'expérience et sur des faits bien constatés; en » quoi elle mérite d'être préférée ou tout au moins » égalée à beaucoup de sciences. Tout en effet » s'y vérifie par l'opération même; d'où il suit » qu'on y peut trouver plus que partout ailleurs » des vues claires et certaines sur divers phénomènes naturels, surtout si la métallurgie entre » en mariage avec la chimie, et si les deux sciences joignant leurs mains amies, marchent toutes » deux vers le même but. »

La description de fonderies galloises fournit beaucoup de preuves à l'appui de ces vues générales.

En extrayant des faits que j'ai recueillis sur l'ensemble des arts métallurgiques, pour la publier immédiatement, cette description des procédés du pays de Galles, je me suis proposé surtout d'offrir à l'industrie et au commerce des indications qui me paraissent avoir de l'opportunité, et incidemment d'établir, au moyen d'un exemple particulier, les vues générales dont j'ai dû seulement donner ici l'aperçu, me réservant de les exposer ailleurs d'une manière plus complète.

Voulant surtout démontrer qu'il convient de perfectionner les méthodes d'observation, pour porter la métallurgie au rang distingué que j'entrevois pour elle au milieu des connaissances humaines, j'ai pensé qu'il ne fallait pas se borner à présenter ces généralités; qu'en pareille circonstance, le meilleur moyen de déterminer les convictions est de faire toucher une fois, pour un cas particulier, le but que l'on signale, et de prouver que ce but peut toujours être atteint par un observateur zélé.

Parmi les méthodes métallurgiques que j'ai étudiées, celle du pays de Galles m'a paru plus que toute autre convenir, sous ce dernier rapport, à l'objet que j'avais en vue : la situation de ces ateliers dans un pays étranger, les habitudes connues de l'industrie anglaise en ce qui concerne la divulgation des procédés industriels, opposent ici à l'observation des phénomènes toutes les difficultés que le métallurgiste peut redouter. Les fonderies de cette contrée élaborent des minerais incomparablement plus variés que ceux dont on dispose ailleurs; les procédés qu'on y emploie offrent par leur multiplicité, par la complication de leurs détails et par l'irrégularité de leur enchaînement, des difficultés d'étude (1) qui se trou-

(1) G. Jars, l'un des fondateurs de l'Ecole française de métallurgie, qui vers le milieu du dernier siècle, parcourut avec un si grand dévouement scientifique, les principaux districts de l'Europe où se fabriquaient les métaux, ne manqua pas d'étudier le Cornouailles et le pays de Galles. Il ne put parvenir, malgré son zèle, à approfondir les détails, ni à embrasser l'ensemble de la méthode galloise, à une époque où elle n'était point encore compliquée par l'importation des minerais étrangers. On voit cependant très-clairement, par la description imparfaite

vent rarement réunies au même degré dans les autres branches de la métallurgie. D'un autre côté, placé au centre de l'Europe civilisée, au contact de grands foyers scientifiques; fréquemment visité par des savants de toutes les nations, ce district métallurgique ne semble pas, *à priori*, offrir plus de chances que tout autre à la découverte de phénomènes et de principes nouveaux pour la science. Si donc des recherches méthodiques ont pu être accomplies dans le pays de Galles, si elles ont révélé des faits dont la connaissance vient étendre à quelques égards le domaine des sciences physiques, il sera permis d'admettre qu'une telle étude ne serait, pour tout autre cas, ni plus difficile, ni moins fructueuse; cet exemple pourra faire apprécier la portée de travaux analogues accomplis pour toutes les branches de la métallurgie, et peut-être contribuera-t-il à diriger plus fréquemment dans cette voie les efforts des observateurs.

Moyens d'observation employés; exécution et plan général de cet ouvrage.

Les faits exposés dans cet ouvrage sont le fruit de trois voyages accomplis de 1836 à 1843, et surtout d'un long séjour que j'ai fait au milieu des usines galloises à la fin de l'année 1842. Une

qu'il en a donnée, que cette méthode reposait déjà sur les mêmes principes qui en sont encore aujourd'hui la base. Jars, en passant sous silence toutes les opérations intermédiaires entre la fonte pour matte bronze (II), et le rôtissage pour cuivre brut (IX), se borne à dire (Voyages métallurgiques, tome III, p. 217) :

« Il est impossible de suivre la gradation des opéra-
» tions ; il suffira de dire que la qualité des minerais et
» des mattes change leur durée et que ces premiers pas-
» sent par 7, 8, 10, 12 et quelquefois jusqu'à 18 fontes
» différentes, avant d'en obtenir le cuivre raffiné. »

correspondance suivie et des relations fréquentes avec des personnes bien informées, m'ont permis de me tenir au courant des faits qui se sont accomplis depuis mon dernier voyage. Les résultats chimiques que j'ai constamment rapprochés des faits métallurgiques sont le fruit de recherches poursuivies depuis cinq ans sur les nombreux produits recueillis par moi-même en 1842. J'ai renouvelé ces recherches sur d'autres produits que j'ai fait recueillir à une époque plus récente, toutes les fois qu'un résultat fourni par une première analyse m'a paru devoir être soumis à une nouvelle vérification.

Je ne pense pas qu'il soit indispensable d'exposer ici les principes qui m'ont guidé, d'abord dans l'observation, puis dans la discussion et la description des faits : ces principes d'ailleurs se peuvent déduire, pour la plupart, de la lecture même de mon travail. Toutefois, à raison de la nouveauté et de la complication du sujet, j'ai cru devoir indiquer le système de recherches et les procédés de calcul au moyen desquels on peut constater les relations rigoureuses qui existent, aussi bien pour le poids total que pour le poids des principes constituants, entre les matières premières et tous les produits du traitement métallurgique. Sous ce rapport, j'appelle l'attention du lecteur sur les faits exposés dans le § 13.

Il est à peine nécessaire d'ajouter que nonobstant les soins apportés à cette étude, je suis loin de la considérer comme complète. Les faits métallurgiques sont en eux-mêmes tellement complexes, ils ont avec ceux que considèrent plus spécialement les sciences physiques des relations tellement intimes, que toute recherche menée à

bonne fin démontre la convenance d'en entreprendre vingt autres. Sous peine de retarder indéfiniment l'achèvement de ce travail, j'ai dû m'attacher aux faits principaux et mettre souvent des bornes à mes recherches, sans méconnaître l'intérêt qui s'attacherait à celles que j'ai négligées.

J'ai dû encore circonscrire ces recherches pour ne pas donner à mon travail des proportions démesurées; et peut-être le lecteur trouvera-t-il que je n'ai point évité cet écueil. J'avoue que dans un art aussi compliqué que la méthode galloise, il me paraît impossible d'être à la fois concis et complet : il en sera de même de tout travail écrit en vue de l'application par l'industrie; le praticien qui s'efforce d'appliquer une méthode nouvelle, en prenant pour guide une description semblable à celle que je présente au public, trouvera toujours que celle-ci pèche plutôt par défaut que par excès : en pareille matière, il ne faut donc pas hésiter à subordonner les règles littéraires aux convenances de l'industrie.

Les titres placés en tête des divers paragraphes indiquent le plan suivi dans la rédaction de cet ouvrage. J'expose dans le § 1er les conditions économiques dans lesquelles sont placées les fonderies galloises, particulièrement en ce qui concerne la population ouvrière, l'achat et le transport des minerais, des combustibles, des fondants, des matériaux et des réactifs de toute nature. Je signale dans le § 2 les caractères distinctifs de la méthode de travail propre aux fonderies du pays de Galles et la classification qu'établissent les fondeurs, en vue de ce traitement, dans les nombreuses sortes de minerais fournies par toutes les parties du globe. Les § 3 à 12 ont spécialement pour objet

la description méthodique et la théorie des dix manipulations principales de la méthode galloise. Je présente dans le § 13 quelques principes sommaires au moyen desquels on peut donner à la description des phénomènes métallurgiques cette précision qui est le moyen essentiel de progrès de toutes les sciences et qui a manqué jusqu'à ce jour à la métallurgie; comme application de ces principes, je présente toutes les réactions métallurgiques de la méthode galloise dans une série de tableaux où l'on trouvera la proportion relative et la composition élémentaire de toutes les matières qui interviennent dans chacune des dix opérations, et celle de tous les produits qu'on en obtient. J'indique en grand détail dans le § 14 les *frais de toute nature auxquels* donne lieu, dans les fonderies du pays de Galles, le traitement d'une *tonne de minerais* : ce résultat est le seul *criterium* dont on puisse se servir pour apprécier, aussi bien au point de vue industriel qu'au point de vue de la science, la valeur relative des divers procédés métallurgiques. En continuant à négliger ce genre de recherches, comme elle l'a fait trop souvent jusqu'à ce jour, la science se priverait de son principal moyen de certitude et de contrôle. Je n'ai rien négligé à cet égard pour approcher autant que possible de la vérité : j'appelle l'attention du lecteur sur les moyens d'observation et de calcul dont j'ai fait usage à cette occasion, et spécialement sur le secours que j'ai tiré de résultats du § 13, pour calculer les frais de traitement des diverses classes de minerais. Dans le § 15, m'élevant à un point de vue plus général, je présente un résumé des observations que j'ai recueillies depuis quinze ans touchant l'état actuel de la produc-

tion, du commerce et de la consommation du cuivre; j'apprécie l'influence exercée depuis un siècle et spécialement depuis 20 ans par les fonderies de cuivre de la Grande-Bretagne; j'expose aussi les conséquences du régime restrictif, onéreux aux consommateurs européens, récemment établi dans ce pays; jetant enfin un coup d'œil sur l'avenir, j'insiste sur les motifs qui dorénavant doivent déterminer l'industrie française à extraire elle-même des minerais étrangers jusqu'à ce jour traités exclusivement en Grande-Bretagne, une partie du cuivre nécessaire à sa consommation.

Deux appendices présentent des détails circonstanciés, le premier sur les recherches chimiques dont les résultats sont exposés succinctement dans le cours de l'ouvrage, le second sur la construction des fourneaux et la disposition générale d'une fonderie galloise. Il m'a semblé que le renvoi de ces particularités à la fin de l'ouvrage aurait des avantages, et surtout qu'il en résulterait plus de clarté dans l'exposé des faits principaux.

§ 1er. *Conditions générales du traitement métallurgique : usines ; minerais, fondants et réactifs divers ; combustibles, main-d'œuvre*, etc.

L'extraction et la fonte des minerais constituent ordinairement en Grande-Bretagne deux branches distinctes d'industrie : jusqu'à ce jour, à ma connaissance, elles n'y ont été réunies que dans deux localités, l'île d'Anglesea et le Staffordshire ; la division qui s'est maintenue dans les autres districts des mines et qui est assez rare sur le continent, est l'une des causes de la supériorité que la Grande-Bretagne s'est acquise dans cette branche de la métallurgie. Distribution géographique des fonderies de cuivre.

Depuis un siècle, les usines à cuivre toujours indépendantes de telle ou telle mine particulière, ont eu pour tendance de s'établir et de se développer dans les localités les mieux situées à la fois pour recevoir les minerais avec la moindre somme de frais de transport et pour extraire le cuivre par le procédé le plus économique. Les conditions qu'implique cet énoncé ne se sont trouvées réunies au plus haut degré qu'au nord de la baie de Bristol, sur le littoral de la principauté de Galles, dans cet espace assez circonscrit où le terrain houiller, la richesse de cette contrée, perçant au travers des terrains secondaires qui forment la plus grande partie de ces rivages, est lui-même baigné par la mer. Cette partie de la côte qui s'étend de l'est à l'ouest, d'Aberavon à Llanelly, fournit en abondance et à un moindre prix que toutes les autres parties du Royaume-Uni, le combustible minéral, c'est-à-dire le principal agent du traitement métallurgique ; c'est en même temps le

lieu le plus central pour la réunion des minerais indigènes; enfin la configuration du rivage s'y prête parfaitement à la réception des minerais indigènes et étrangers transportés par voie de mer, à la distribution de ces minerais dans les usines et à la réexpédition du cuivre métallique. La dépense de ces transports qui, dans tout état de choses, augmente singulièrement les frais de la fabrication du cuivre, se trouve ici, grâce aux dons de la nature et aux efforts de l'art, réduite au-dessous de ce qui se voit ailleurs pour des distances égales. Les usines sont établies ordinairement dans les points où un cours d'eau vient déboucher à la côte ; les principales sont groupées sur la rivière de Swansea ; les autres, plus disséminées, sont voisines de Neath-Abbey, d'Aberavon, de Tayback, de Llanelly, etc. Ces fonderies forment une douzaine d'établissements distincts; mais la concurrence qui ne peut être soutenue avec succès que par des personnes disposant de grands capitaux (§ 14), a depuis dix ans (époque où j'ai commencé à suivre attentivement les travaux des usines galloises), concentré tous les établissements dans les mains de huit compagnies connues sous les raisons sociales indiquées ci-après :

Williams, Foster and Co.
Vivian and sons.
Sims, Williams, Neville, Druce and Co.
Freeman and Co.
English Copper Company.
P. Grenfell and sons.
Mines Royal.
Crown Copper Company.

Une neuvième compagnie a commencé récemment à faire des achats sous la raison sociale

Schneider and Co. : elle a figuré pour la première fois sur la liste des acheteurs dans la vente faite à Swansea, le 9 septembre 1847.

On a tenté d'établir, sur le bassin houiller du Lancashire, près de la rivière Mersey, à proximité du port de Liverpool, un nouveau centre d'usines à cuivre : on y traite maintenant dans deux usines, certains minerais apportés comme lest de retour, de diverses contrées avec lesquelles le port de Liverpool entretient des relations commerciales; mais, privé de plusieurs avantages essentiels, ce groupe ne paraît pas appelé à faire une concurrence sérieuse aux usines du pays de Galles. Les fonderies depuis longtemps créées dans l'île d'Anglesea et dans le Staffordshire, après avoir subi toutes les vicissitudes réservées aux établissements alimentés par un seul gîte minéral, ont perdu en grande partie leur ancienne importance; elles n'ont pris aucune part aux progrès extraordinaires qui depuis vingt ans se sont accomplis dans le pays de Galles. En résumé, on peut considérer la métallurgie de cuivre de la Grande-Bretagne comme concentrée dans le groupe gallois : les huit compagnies dont les noms sont rapportés ci-dessus à peu près suivant l'ordre d'importance de leurs opérations, livrent au commerce une quantité de cuivre plus grande que tout ce qui se produit sous forme de métal dans les autres parties des îles Britanniques et dans le reste du monde.

Deux origines principales des minerais de cuivre.

Les minerais traités dans les usines galloises ont deux origines principales : les uns proviennent des mines du Royaume-Uni ; les autres, de mines situées dans toutes les régions du globe,

soit dans les colonies britanniques, soit dans les pays étrangers.

Les mines indigènes les plus productives s'exploitent dans la presqu'île de Cornwall et dans la partie contiguë du comté de Devon; indépendamment des travaux de recherches, on n'y compte pas moins de quatre-vingts exploitations livrant chaque année du minerai au commerce. Les autres mines sont groupées pour la plupart à proximité du canal de Saint-Georges, sur la côte occidentale d'Irlande, dans le centre et le nord du pays de Galles, dans l'île d'Anglesea, etc. Les mines étrangères qui contribuent le plus régulièrement à l'approvisionnement des usines galloises sont situées dans l'île de Cuba, au Chili et dans les autres États de la côte orientale d'Amérique, dans l'Australie, dans la Nouvelle-Zélande, en Toscane, en Norwège, etc. Pendant les dix dernières années les minerais de ces deux origines ont concouru à peu près également à la production du cuivre livré au commerce par les usines du Royaume-Uni.

Mode d'achat des minerais, en Cornwall et à Swansea. Les minerais des comtés de Cornwall et de Devon sont tous vendus sur le lieu d'extraction; les autres minerais indigènes et tous les minerais étrangers, sauf la faible quantité traitée dans le Lancashire, sont vendus dans le port de Swansea, marché central de minerais pour toutes les usines galloises.

Difficultés qu'entraîne en général la fixation du prix d'achat. Partout où les minerais métalliques ne sont point traités par ceux mêmes qui les extraient du sein de la terre, on trouve une grande difficulté à fixer équitablement le prix auquel les minerais doivent être payés par les fondeurs aux exploitants. Il y a, en effet, peu de problèmes plus com-

pliqués que celui qui consiste à déterminer directement le prix d'un minerai, en tenant compte de tous les éléments essentiels qui concourent à fixer les frais du traitement et le bénéfice à attribuer au fondeur pour l'exercice de son industrie et pour l'emploi de ses capitaux. La principale difficulté consiste à apprécier les modifications qu'introduisent, dans le cadre de ce calcul, l'inégale teneur des minerais, la présence de gangues plus ou moins avantageuses, plus ou moins nuisibles au traitement métallurgique, les variations dans la valeur marchande des métaux fabriqués, etc. Je n'ai vu cette difficulté convenablement résolue, pour aucun métal, dans aucune région de l'Europe; dans des contrées où un tel problème préoccupe depuis des siècles l'attention publique, j'ai entendu des métallurgistes avouer qu'ils manquaient encore à cet égard de moyens de certitude; j'ai même parfois entendu dire que de nouveaux tarifs d'achat déterminés méthodiquement au moyen de données scientifiques, étaient certainement inférieurs à ceux qu'un long usage avait établis. Cette difficulté est peu sentie dans les contrées de l'Europe centrale où les gouvernements, en vertu de leur droit régalien et souvent aussi en dédommagement de diverses concessions gratuites faites aux particuliers exploitants de mines, obligent ces derniers à livrer leurs minerais à des fonderies domaniales. Alors, en effet, le tarif d'achat est calculé de manière que l'administration domaniale réalise par la vente des métaux fabriqués non-seulement le bénéfice qu'un particulier devrait faire sur le traitement métallurgique du minerai, mais encore une large somme représentant la redevance due par les ex-

ploitants pour toutes les concessions qui leur sont faites par l'État. Toutefois, ce système ne peut être considéré comme équitable qu'à la condition d'avoir précédé les concessions faites par le souverain. La difficulté qui s'attache à l'établissement d'un tarif exact y est éludée et non résolue; car en admettant que l'impôt prélevé, en vertu du tarif d'achat, par le domaine puisse être utilement et équitablement imposé à l'industrie des mineurs, cet impôt se trouve par le fait réparti fort inégalement entre les exploitants producteurs de qualités diverses de minerai, si le tarif n'est en harmonie ni avec les frais qu'entraîne le traitement métallurgique de chaque qualité, ni avec la valeur marchande des métaux. Je suis d'avis néanmoins qu'il ne serait pas impossible d'établir des tarifs exacts dans des usines bien administrées, et avec le concours d'une comptabilité à la fois plus simple et plus précise que celle qui fonctionne ordinairement dans les usines domaniales du continent. Je pense aussi que la création de grandes fonderies domaniales, dirigées par des métallurgistes éclairés, achetant les minerais des mines particulières, suivant un tarif équitable, sera toujours, dans presque toutes les contrées, l'institution la plus favorable au développement de l'industrie minérale.

Il semblerait au premier aperçu que le moyen le plus simple de résoudre les difficultés qu'entraîne l'appréciation de la valeur réelle des divers minerais, est d'abandonner cette appréciation à des intérêts particuliers dont la concurrence offrirait aux producteurs de minerais toutes les garanties désirables.

L'expérience toutefois confirme rarement cette

prévision, dans les districts de mines du continent : elle prouve que l'existence de fonderies rivales juxtaposées est en général une combinaison funeste à l'intérêt des exploitants et par conséquent à l'industrie minérale. Les frais de traitement des minerais métalliques se composent de deux éléments principaux : l'un comprend les *frais spéciaux* de réactifs et de main-d'œuvre, qui croissent à peu près comme la quantité des minerais traités; l'autre, les *frais généraux* de direction, de surveillance, d'administration, de commerce, etc..., qui, entre certaines limites fort larges, restent à peu près constants, quelle que soit l'importance des opérations de l'usine. Il résulte de là qu'une grande fonderie centrale qui élabore tous les minerais d'un district ne supporte pas de frais spéciaux plus considérables que la somme de ceux qui auraient lieu dans six fonderies rivales concourant à l'achat de ces mêmes minerais, tandis que ses frais généraux sont six fois moindres. Il est essentiel de remarquer aussi qu'une fonderie centrale qui reçoit tous les minerais d'un district peut établir entre ces minerais des mélanges réguliers très-favorables au traitement métallurgique, opérer avec des appareils puissants consommant peu de combustible et de main-d'œuvre, établir sur les scories et les divers déchets du traitement un contrôle très-méthodique, tous avantages interdits à de petites usines qui ne peuvent introduire aucune régularité dans l'achat des minerais, sous l'empire d'une concurrence dont le principe même repousse toute règle, toute combinaison systématique. On conçoit donc aisément que, même en se réservant des bénéfices considérables, une seule fonderie

centrale peut encore offrir aux exploitants de minerais des conditions d'achat plus avantageuses que ne le pourraient faire de petites usines, qui dans l'excitation produite par la concurrence iraient jusqu'à se ruiner, en exagérant le prix d'achat. Ces inconvénients se sont révélés dans tous les districts de mines où les jalousies excitées par la prospérité d'une usine centrale, ont conduit les exploitants de mines à provoquer la création de plusieurs fonderies rivales, et à faire dépendre de la concurrence de ces usines la fixation du prix d'achat des minerais. Ces sortes de tentatives ont eu ordinairement pour résultat de ruiner d'abord les fondeurs les moins habiles ou les moins pourvus de capitaux, sans hausser l'ancien prix des minerais; la conclusion ordinaire est une convention par laquelle les fondeurs survivant aux désastres de la concurrence règlent tacitement les conditions d'achat des minerais, prélevant ainsi en l'absence de tout frein, de tout contrôle, une somme de bénéfices bien supérieure à celle qu'assurait à l'ancienne fonderie centrale un tarif officiel, établi par une longue tradition.

L'étude des divers groupes métallurgiques de l'Europe m'a prouvé qu'il faut, dans les exploitants de mines d'un même district, une haute intelligence industrielle et commerciale pour se défendre, en présence des chances défavorables qu'entraîne l'exploitation de la plupart des mines, de la jalousie qu'excite la prospérité nécessairement soutenue d'une fonderie centrale. Chaque exploitant qui ne sait pas apprécier les différences que la nature des choses établit dans la situation économique des mines et des usines est naturellement porté à penser que son industrie

serait plus prospère si celle du fondeur l'était moins; de là des luttes irréfléchies, cause de ruine pour tout le groupe métallurgique, mais surtout, comme je l'ai remarqué ci-dessus, pour l'industrie des mines qui en est la base essentielle. Le défaut d'intelligence commerciale conduit parfois l'exploitant de mines à élever lui-même une fonderie pour le traitement de ces minerais; cette solution, qui porte ordinairement jusqu'à leur extrême limite les inconvénients propres aux petits établissements métallurgiques, est la plus mauvaise qui se puisse concevoir : cette tendance, qui s'est constamment révélée en France dans les entreprises si nombreuses qui à ma connaissance ont été tentées depuis deux siècles, a toujours eu pour résultat d'y paralyser d'excellentes conditions de succès.

C'est encore une circonstance caractéristique pour la métallurgie de la Grande-Bretagne et pour celle du cuivre en particulier, que les difficultés qu'entraîne la vente des minerais y ont été assez bien résolues par le principe de la concurrence; tandis que, dans la plupart des autres districts des mines, elles n'ont pu l'être ordinairement que par l'institution des fonderies domaniales ou par la multiplication de fonderies établies comme annexes des exploitations de mines. Ce succès qui donne toute satisfaction aux intérêts, rivaux en apparence, des mineurs et des fondeurs, tient à des causes dignes d'être signalées; mais qui, je regrette de le dire, se retrouveraient difficilement aujourd'hui dans toute autre région du globe.

Solution trouvée en Grande-Bretagne; causes du succès obtenu.

La principale cause de succès réside incontestablement dans cette profonde intelligence des

intérêts industriels et commerciaux, qui, se manifestant également dans les autres branches d'activité, assure à la Grande-Bretagne une prééminence si méritée. Réglant toujours leurs relations par une appréciation éclairée de l'intérêt du moment et par de larges vues d'avenir, les hommes savent ici tirer des sentiments de rivalité et de concurrence tout le bien qu'ils peuvent produire, et s'arrêter fermement à la limite où il n'en résulterait plus que du mal, soit pour les intérêts immédiatement en présence, soit pour la chose publique. Tout homme engagé dans un grand mouvement industriel accepte avec résignation les mauvaises chances qui viennent le frapper, et considère avec calme la prospérité de son voisin. Loin de vouloir troubler un ordre de choses qui lui est momentanément défavorable, il n'a d'autre pensée que de ramener de meilleures chances par son talent et son opiniâtreté, assuré qu'il est de trouver à son tour, en cas de succès, les mêmes garanties chez ses associés, chez ses rivaux. C'est ainsi que les populations vouées dans les comtés de Cornwall et de Devon, dans la principauté de Galles, en Irlande, etc..., à l'exploitation des mines de cuivre, comprennent que leur intérêt est lié indissolublement à celui des fondeurs, et que la prospérité de ces derniers doit forcément rejaillir sur elles-mêmes. Elles considèrent, par exemple, que des fondeurs riches et pourvus de puissants capitaux seront placés dans des conditions beaucoup plus favorables que ne le seraient des fondeurs ruinés par une concurrence irréfléchie, pour écouler les métaux fabriqués; qu'il faut en conséquence se garder d'exciter trop vivement la rivalité des fondeurs à l'occasion de

l'achat des minerais et de la vente des métaux ; que tout bénéfice laissé aux fondeurs se partage plus tard avec le mineur dans une équitable mesure, à l'occasion de l'achat des minerais ; que la ruine de ceux-ci entraîne nécessairement celle des mines et ne profite qu'à l'acheteur de métaux. De là le mode que je décrirai plus loin, et qui abandonne la fixation du prix de vente des minerais à la volonté des fondeurs, sans aucun contrôle apparent, sans réclamation possible de la part des mineurs, sans que ceux-ci puissent se refuser à accepter les conditions offertes. Les fondeurs, de leur côté, ne montrent pas moins de tenue dans leur manière de procéder. Après quelques tentatives de multiplication irréfléchie, les usines se sont concentrées dans la mesure convenable pour qu'un particulier ou une compagnie puissent diriger efficacement toutes les opérations industrielles et commerciales ; l'expérience a ainsi conduit à un état de choses qu'il ne serait guère possible aujourd'hui d'améliorer par une plus grande concentration des établissements. A l'appui de cette assertion, je remarquerai que la plus grande fonderie de cuivre qui, à ma connaissance, existe en dehors du sol britannique, ne serait placée qu'au sixième rang parmi les usines galloises, eu égard à l'importance de la production. Les huit fondeurs qui ont survécu à la chute de rivaux moins puissants ont compris, d'une part, qu'une concurrence sans mesure et sans frein entraînerait infailliblement leur ruine ; de l'autre, qu'une coalition rendant cette concurrence illusoire ne leur serait pas moins funeste, en provoquant la création de nouveaux établissements, et surtout en détruisant la

confiance des exploitants de mines (1). Voici au reste le mode d'achat auquel l'expérience a conduit, soit pour les minerais de Cornwall et de Devon vendus sur le lieu de production, soit pour les autres minerais indigènes et pour les minerais étrangers qui sont tous préalablement transportés pour la vente, dans le port de Swansea.

Coutumes observées à l'occasion de la vente des minerais.

Lorsque les mines d'un certain canton ont à vendre une quantité de minerai suffisante pour motiver la réunion des acheteurs, les journaux de la localité qui recherchent ces sortes d'annonces, font connaître le nombre et le poids approximatifs de tous les lots de minerais que chaque mine met en vente ; ils annoncent en même temps que, tel jour, les délégués des fondeurs seront admis, aux dépôts des mines, à prendre des échantillons de ces minerais; enfin que la vente publique en sera faite quinze jours plus tard dans un lieu désigné. Pour la presqu'île du Cornwall, quatre lieux de vente, Camborne, Redruth, Truro et Pool, ont été choisis à raison de la position centrale qu'ils occupent, à proximité des mines les plus importantes du pays. Le jour fixé pour les prises d'essais et pour les ventes, est toujours un jeudi, ce qui permet aux agents de régler à l'avance l'emploi de leur temps et de le distribuer, avec la moindre chance de perte, entre leurs diverses occupations. Chaque fondeur du pays de Galles entretient ordinairement dans le Cornwall deux agents,

---

(1) Je dois remarquer cependant que dans ces derniers temps la conduite des fondeurs n'a pas toujours été à la hauteur de cet éloge écrit en 1842 sur mes notes de voyage. (Voir § 14 et § 15.)

hommes de confiance, payés chacun par an de 6.000 à 8.000 shillings, et qui sont spécialement chargés, l'un de la prise des essais, l'autre de l'essai par voie sèche de tous les lots de minerais, des achats et des paiements. Les agents des huit compagnies se rendent tous ensemble aux dépôts des diverses mines qui ont fait annoncer la vente prochaine de leurs minerais, et se partagent pour chaque lot, une même prise d'essai faite avec toutes les précautions convenables pour que l'échantillon représente aussi exactement que possible la teneur moyenne du lot. Pour diminuer les chances d'erreur sur la teneur réelle des minerais, on compose en général chaque lot de fragments provenant des portions homogènes de chaque gîte, et soumis en commun aux mêmes préparations mécaniques. Le poids de chaque lot est rarement supérieur à 100 tonnes et inférieur à 5 ; il est ordinairement compris entre 20 et 80 tonnes. Les prises d'essai et les autres opérations relatives à l'achat et à la livraison des minerais, entraînant de longues tournées, obligent ordinairement l'agent qui en est chargé à entretenir un cheval de selle. L'hospitalité des exploitants de mines les dispense de la plupart des autres frais de déplacement; ces bons procédés rendent plus faciles les relations d'affaires, et l'honnêteté des personnes engagées dans cette industrie empêche qu'ils ne deviennent une source d'abus au détriment des fondeurs.

Pendant les quinze jours qui s'écoulent entre la prise d'essai et l'achat des lots, les fondeurs gallois prennent connaissance de la quantité des minerais mis en vente, dont la teneur approximative en cuivre est souvent révélée par la seule indication de l'origine. Prenant en outre en considération

le prix courant du cuivre, les demandes de métaux faites par les consommateurs, les quantités de cuivre restant en magasin, les besoins courants des divers ateliers de fusion dans lesquels on ne peut admettre de brusques mouvements d'activité et de chômage, les chances probables de hausse ou de baisse sur le cuivre, enfin l'importance des capitaux disponibles qui peuvent être employés à l'achat des minerais, le fondeur adresse à son agent, peu de temps avant le moment fixé pour la vente, des instructions réglant approximativement la valeur moyenne à attribuer au cuivre contenu dans les minerais, et surtout les quantités et les sortes de minerais qu'il doit s'efforcer d'acquérir. Pendant le même intervalle, l'essayeur a constaté la teneur des minerais : il possède donc, lorsqu'il se rend à la vente, tous les renseignements qui lui sont nécessaires pour déterminer le prix qu'il doit offrir de chaque lot; il est muni, à cet effet, d'une liste imprimée qui doit servir de base aux opérations de la vente et qui présente l'énumération des lots offerts par chaque mine : l'ordre de cette énumération n'étant point indifférent, on place toujours en tête de la liste, les mines qui offrent la plus grande somme de produits; les divers lots de chaque mine sont eux-mêmes rangés suivant l'ordre d'importance.

Le jeudi fixé pour la vente, les agents des huit compagnies de fondeurs se réunissent dans une des auberges adoptée d'un commun accord par les parties intéressées et désignée toujours explicitement dans les avis précédemment publiés. La réunion, qui s'opère avec cette ponctualité rigoureuse dont les Anglais connaissent tout le prix, comprend, outre les agents des fondeurs, ceux des vendeurs de minerai qui désirent y assister :

elle est ordinairement présidée par celui des vendeurs qui offre la plus grande quantité de minerais. La vente commence ordinairement à l'heure de midi; elle se fait à huis clos, avec une telle simplicité et une telle sobriété de temps et de paroles qu'une personne étrangère aux mœurs commerciales de ce pays ne saurait soupçonner qu'une réunion où règne tant de calme et de décorum est une lutte entre des rivaux très-ardents pour des opérations dont l'importance est ordinairement comprise entre 1/2 million et 1 million de francs. Le président commence la séance en déclarant qu'il met en vente les 4 ou 5 premiers lots de la liste, désignés par leurs numéros d'ordre. Chaque acheteur écrit aussitôt en secret l'offre relative à chaque lot sur un bulletin qu'il remet en *silence* au président. Le poids de chaque lot n'étant point encore rigoureusement déterminé, le prix consigné sur les bulletins est relatif à une tonne de minerai sec et s'applique à la totalité du lot dont le poids précis sera plus tard fixé contradictoirement par l'acheteur et le vendeur. Les huit bulletins étant réunis, le président lit successivement à haute voix les offres faites par chaque compagnie; il parle assez lentement pour que tous les assistants puissent inscrire ces offres sur des bulletins imprimés, en regard des divers lots et dans des colonnes désignées par le nom des fondeurs. Le président conclut immédiatement cette lecture en proclamant adjudicataire de chaque lot la compagnie qui a fait l'offre la plus élevée, et en signalant en outre la différence entre le prix de l'adjudication et l'offre qui s'en écarte le moins. Les lots sont adjugés par portions égales aux compagnies qui ont fait la même offre.

Ce premier résultat atteint, le président met en vente les lots qui suivent immédiatement. Dix minutes sont ordinairement accordées pour la rédaction de chaque bulletin; ce temps est employé à calculer le prix que l'adjudication précédente et l'ensemble des offres déjà faites, attribuent au cuivre contenu dans le minerai : chaque agent conclut de ce calcul la convenance de conserver ou de modifier, dans son nouveau bulletin, le prix régulateur qui avait inspiré sa première offre, afin de maintenir la quantité de ses acquisitions dans les limites qui lui sont indiquées par ses commettants. Le président procède ensuite au dépouillement du 2e bulletin et à l'adjudication de la 2e série de lots, comme il l'avait fait la première fois, et les mêmes opérations se répètent jusqu'à l'épuisement total de la liste. Chaque adjudication partielle dure environ un quart d'heure, en sorte qu'une vente de quarante lots n'exige guère qu'un intervalle de deux heures. Les agents ne se séparent ordinairement qu'après un dîner simple, fait à frais communs dans l'auberge où la vente s'est opérée. Ce mode de vente, essentiellement caractérisé par l'emploi des bulletins (*tickets*), est désigné sous le nom de *ticketing* : on en fait usage en d'autres parties de la Grande-Bretagne pour les minerais de plomb, d'argent, etc.

Livraison et pesage des minerais vendus.

Les ventes ainsi opérées, on procède immédiatement sur les mines à la livraison des lots : à cet effet, on pèse exactement chaque lot dans l'état d'humidité où il se trouve; puis on défalque, de ce poids, celui de l'eau hygrométrique déterminé par un essai fait au moment de la pesée : la dessiccation de la matière d'essai est faite avec toutes

les précautions convenables, d'une part, pour que l'expulsion de l'eau hygrométrique soit complète, de l'autre, pour que les sulfures, les carbonates, les hydrates, ne perdent aucune trace de celles des matières chimiquement combinées qui sont gazéifiables par l'action de la chaleur.

L'on procède exactement de la même manière pour les minerais qui se vendent dans le pays de Galles; avec cette différence que les directeurs de fonderies, se trouvant sur les lieux, se chargent eux-mêmes des achats qui ont lieu, à peu près chaque jeudi, dans une auberge de Swansea. Les fondeurs n'entretiennent point ordinairement un essayeur spécial pour les minerais vendus à Swansea : il font envoi des échantillons à leurs essayeurs du Cornwall qui annoncent les résultats en *temps utile*. En ce qui concerne les minerais étrangers, ils peuvent contrôler les résultats de leur essayeur par ceux que constate la douane pour percevoir un droit d'entrée proportionnel à la teneur de ces minerais (§ 15).

Mode de paiement des minerais.

Le paiement des minerais se fait au comptant, c'est-à-dire que, suivant les usages établis, les fondeurs remettent aux mineurs, un mois après la vente, des effets de banque payables à 33 jours de date, et qu'on peut négocier immédiatement au taux de 4 pour 100 par année. Ce mode est suivi aussi bien pour les minerais vendus à Swansea que pour ceux qui se vendent dans le Cornwall.

Exemples de quelques opérations d'achat.

Les conditions de fabrication sont tellement identiques dans toutes les fonderies galloises, les opérations d'achat se font sous l'influence d'une concurrence, si active au fond, si modérée dans

la forme que les offres faites par les diverses compagnies pour un même lot de minerais, ne diffèrent ordinairement que de quelques centièmes. On en peut juger par l'exemple rapporté ci-après des offres faites par les diverses compagnies, dans deux ventes auxquelles la bienveillante hospitalité des fondeurs gallois m'a permis d'assister.

Vente faite à Swansea le 19 octobre 1842.

	1er Lot.			2e Lot.			3e Lot.			4e Lot.		
	liv.	sh.	d.	liv.	sh.	d.	liv.	sh.	d.	liv.	sh.	d.
1re compagnie. .	13	2	0	13	2	0	13	2	0	13	2	0
2e compagnie. .	13	5	0	13	2	0	13	4	0	13	7	6
3e compagnie. .	13	5	0	13	9	6	13	10	0	13	4	6
4e compagnie. .	12	18	0	13	0	0	13	5	0	13	0	0
5e compagnie. .	12	18	0	13	8	0	13	5	0	12	18	0
6e compagnie. .	13	3	0	13	2	0	13	5	0	13	8	0
7e compagnie. .	13	0	0	13	6	6	13	9	6	13	3	8
8e compagnie. .	12	15	6	13	2	6	13	4	6	12	15	6

Vente faite à Redruth (Cornwall) le 20 octobre 1842.

	1er Lot.			2e Lot.			3e Lot.			4e Lot.		
	liv.	sh.	d.	liv.	sh.	d.	liv.	sh.	d.	liv.	sh.	d.
1re compagnie. .	5	4	6	7	13	0	4	12	6	4	5	0
2e compagnie. .	5	16	6	7	14	6	4	8	6	4	4	0
3e compagnie. .	5	12	6	8	4	0	4	14	0	4	9	6
4e compagnie. .	5	13	0	8	3	0	4	10	0	4	6	0
5e compagnie. .	5	11	6	8	5	6	4	13	0	4	11	6
6e compagnie. .	5	11	0	8	0	0	4	12	0	4	6	0
7e compagnie. .	5	11	6	8	0	6	4	14	6	4	12	0
8e compagnie. .	5	14	0	8	1	0	4	15	0	4	8	6

Les nombres soulignés sont les prix auxquels les divers lots mentionnés ci-dessus ont été adjugés. Ces prix, comme on le voit, ne dépassent

parfois que d'un demi-shilling l'offre immédiatement inférieure. Les différences assez notables qui existent parfois aussi dans les offres relatives à un même lot, tiennent moins à une différence attribuée par les acheteurs à la valeur du cuivre contenu dans les minerais, qu'à l'inégalité des résultats fournis par l'essai. Ordinairement chaque fondeur tient secrets ces résultats; mais en comparant les diverses offres faites dans une vente à laquelle j'ai assisté, avec les listes d'essais relatifs à cette même vente qui m'avaient été obligeamment communiquées par plusieurs fondeurs, j'ai pu constater l'influence prédominante de cette seconde cause de variation. Le mode adopté pour la vente présente donc encore cette circonstance avantageuse au mineur, que le prix de chaque lot est effectivement réglé par l'essai qui a donné le résultat le plus élevé.

Voulant comparer les tarifs d'achat du Cornwall et du pays de Galles avec ceux qui sont en vigueur dans plusieurs groupes métallurgiques du continent, j'ai tenté depuis dix ans de constater les principales règles que suivent à cet égard les fondeurs gallois. Voici sur cette matière délicate qui suscite journellement en Angleterre des discussions fort vives et souvent fort inexactes dans leur point de départ, le résultat de mes recherches. Considérations sur les tarifs d'achat du Cornwall et de Swansea.

Je crois être fondé à affirmer que les fondeurs gallois ne procèdent jamais dans leurs achats, comme le font certaines fonderies du continent, d'après les indications d'un tarif systématique fondé essentiellement sur les frais de traitement de chaque sorte de minerais, et variant progressive-

ment avec le prix marchand du cuivre. J'ai même lieu de croire que peu de fondeurs se sont appliqués à déterminer rigoureusement les frais qu'entraîne chacune des sortes. Ils se laissent surtout influencer dans leurs achats par les résultats financiers de l'année précédente, par l'état de leur crédit, et par la nécessité où ils se trouvent de maintenir, en présence de leurs rivaux, l'approvisionnement de leurs usines. Le fondeur qui a réalisé pendant une année de grands bénéfices, se trouve naturellement porté à accroître l'année suivante l'importance de ses opérations, à acheter par conséquent une plus grande quantité de minerais, ou, ce qui revient au même, à attribuer dans ses offres une plus grande valeur au cuivre contenu dans les minerais. Par un motif contraire, le fondeur qui a voulu trop accroître sa fabrication en haussant ses offres d'achat et qui a réduit par là ses bénéfices au-dessous de la limite convenable, se trouve conduit à faire baisser, autant qu'il dépend de lui, le prix des minerais, sauf à restreindre, par la diminution de ses offres, l'importance de ses achats. C'est ainsi que, par l'excitation d'une concurrence à la fois active et modérée, les fondeurs se trouvent amenés, par le cours naturel des choses, à maintenir leurs bénéfices dans les limites qui assurent la juste rémunération de leurs industries, sans encourager la création de nouveaux établissements et surtout sans laisser aux mineurs l'espoir de mieux tirer parti de leurs produits dans des usines annexées aux exploitations de mines.

Définition du *standard* des fondeurs gallois.

Dans les instructions qu'ils adressent à leurs agents et surtout dans le détail des opérations d'a-

chat, les fondeurs font usage d'un résultat auxiliaire dont le calcul est très-simple et qu'ils nomment le *standard*, parce que c'est en effet pour eux l'*indice*, le *signal*, de la valeur attribuée au cuivre contenu dans les minerais. Ils considèrent que le prix m, payé pour une tonne de minerai dans un lot dont la teneur en cuivre t (exprimée en fraction décimale de l'unité) est déterminée par l'essai, se trouve augmentée par le fondeur de la somme f, équivalente aux frais de toute nature qu'entraîne le traitement métallurgique de cette tonne et au bénéfice que ce traitement doit donner; qu'en conséquence, le prix de la tonne de métal, implicitement désigné par le prix d'achat, ou en d'autres termes le *standard* s, est donné par la relation

$$s = \frac{m+f}{t}$$

Cette formule est évidemment la clef de toutes les supputations qu'entraîne l'achat du minerai. Lorsque f représente exactement la somme des frais et des bénéfices que veut s'attribuer le fondeur, s représente nécessairement le prix net de vente qu'il doit trouver sur le marché; en sorte, par exemple, que le fondeur qui aurait vendu à l'avance son métal au prix s par des marchés à longs termes, et qui voudrait se borner à prélever, sur chaque tonne de minerai, une somme f pour ses frais et bénéfices, devrait offrir pour chaque tonne de minerai de la teneur t, le prix m indiqué par la relation

$$m = st - f$$

Mais la chose que les personnes engagées dans le commerce du cuivre désignent sous le nom de

standard, n'a point cette signification précise, et il est clair, au reste, que si le mot *standard* désignait constamment le prix marchand du cuivre, l'usage n'aurait pas consacré l'emploi de cette dénomination spéciale. Le *standard* des fondeurs gallois n'exprime en effet rien qui ait réalité dans le commerce et dans l'industrie du cuivre : ce n'est, comme je l'ai déjà dit, qu'une donnée auxiliaire assez imparfaite, dont ils se servent à défaut d'un meilleur moyen d'appréciation. Le *standard* correspondant à un minerai de teneur t, rendu à Swansea, et dont le fondeur a payé le prix m, est donné par la formule précédente où l'on attribue à f une valeur constante de 45 shillings. Il en résulte que si m est également exprimé en shillings, le *standard* est représenté par la formule :

$$s = \frac{m + 45}{t}$$

Ainsi, par exemple le fondeur qui a payé 147 shillings la tonne, un minerai tenant 10 p. 100 de cuivre, apprécie la conséquence de ce marché en calculant qu'il a payé le minerai au taux d'un *standard* de 1920 shillings donné en effet par le calcul :

$$s = \frac{147 + 45}{0,10} = 1920$$

Les frais de traitement des diverses sortes de minerais varient, comme on le verra dans le cours de ce mémoire (§ 14), dans des proportions énormes, suivant la teneur en métal, la nature de la combinaison chimique où le métal est engagé, la nature des gangues associées, etc. ; il est donc évident que si le standard se confond

avec le prix marchand du cuivre pour certains minerais dont les frais de traitement montent à 45 shillings par tonne, il doit s'en écarter considérablement pour beaucoup d'autres sortes. L'on voit de suite, à l'inspection de la formule, que ces différences doivent surtout devenir très-considérables dans le cas des minerais d'une faible teneur, pour lesquels les nombres m et t deviennent relativement très-petits.

Le traitement des minerais du Cornwall entraîne, pour les fondeurs gallois, des frais qui ne pèsent pas sur les minerais indigènes et étrangers achetés à Swansea : tels sont, par exemple, les frais du transport par mer depuis les ports de la presqu'île jusque dans ceux du pays de Galles, et les pertes d'intérêt qu'implique la durée de ce transport. Les fondeurs ont été conduits par ce motif à attribuer au terme f une valeur de 55 shillings, et à calculer le *standard* des minerais achetés en Cornwall par la formule :

$$s = \frac{m + 55}{t}$$

Il importe de remarquer que les prix de vente sont toujours établis pour 21 quintaux de minerai sec; tandis que le *standard* est toujours comparé aux prix d'une tonne (de 20 quintaux) de cuivre marchand : cette circonstance contribue encore à faire du standard une pure abstraction.

Le tableau suivant donne quelques exemples de *standards* calculés pour des minerais vendus à Swansea, extraits des documents publiés régulièrement dans la localité : les résultats, selon la coutume anglaise, y ont été donnés en livres sterling de 20 shillings.

Tableau des standards calculés à diverses époques pour des minerais de diverses teneurs.

DATES.	PRIX de vente.	TENEUR minimum.		TENEUR intermédiaire pour laquelle le *standard* est égal au prix de vente du cuivre.		TENEUR maximum.	
		Teneur p. 100.	Standard.	Teneur p. 100.	Standard.	Teneur p. 100.	Standard.
	liv. st.		liv. st.		liv. st.		liv. st.
1841. 6 janvier. . . .	97	3 1/2	150	24 1/4	97	77 1/2	92
27 janvier . . .	97	3 1/8	152	38	97	46	96
17 mars	97	4 1/2	128	22 1/4	97	30 1/2	94
1er décembre. .	95	3 3/8	150	»	»	25 3/4	97
1843. 18 janvier . . .	82	2 1/2	167	»	»	65 1/4	93
15 mars	82	4 3/4	119	»	»	67	83
26 avril.	80	2	165	»	»	65	85
26 juillet. . . .	78	4 1/8	119	»	»	73 1/4	79
9 août	76	4 1/2	112	49	76	52 1/2	75
23 août.	76	4	120	»	»	51	80
20 décembre. .	83	3 1/2	132	»	»	81 1/4	88
1847. 23 septembre. .	95	2 5/8	146	12	95	24 1/8	86
6 janvier. . . .	86	4 3/8	120	»	»	29 1/4	88
20 janvier. . .	86	3 5/8	121	24 3/4	86	54	82
17 février . . .	90	3 3/4	131	»	»	30 1/4	92
29 avril.	95	3 7/8	128	15	95	51 3/4	88
8 juillet	95	4 5/8	123	13 3/4	95	52 1/2	71
22 juillet. . . .	95	3 1/2	129	14	95	54	78
26 août.	95	3 1/2	129	14	95	60	74

Cette définition du *standard* suggère naturellement la question de savoir quelle utilité peut s'attacher au calcul d'un prix entièrement fictif, et où se trouvent masqués les deux résultats qui intéressent essentiellement le vendeur et l'acheteur : d'une part, le prix attribué à une tonne de

cuivre contenu dans le minerai; de l'autre, la somme attribuée au fondeur pour ses frais et bénéfices, sur chaque tonne de minerai. L'examen des divers motifs qui ont fait adopter et qui maintiennent cette coutume entraînerait des développements étendus et qui ne sont point indispensables à l'objet de ce mémoire : il suffit de montrer, comme le fait le tableau précédent, que c'est un moyen, imparfait sans doute, mais simple, d'apprécier non la valeur absolue, mais les variations de la valeur attribuée au cuivre contenu dans les minerais. Il est clair, en effet, que lorsque le prix marchand du cuivre restant constant, le standard augmente graduellement dans les ventes successives pour des minerais de même teneur, la situation des mineurs s'améliore aux dépens de celle des fondeurs, et que le contraire a lieu dans le cas inverse. On conçoit donc que la comparaison des standards successifs indique immédiatement au fondeur engagé dans la vente, s'il doit restreindre ou étendre ses achats. Cette comparaison décèle également les variations dans les conditions normales de la vente des minerais, lorsque le prix de vente du cuivre venant à varier, les standards des minerais de teneur égale ne varient pas de la même quantité. En jetant les yeux sur le tableau précédent on reconnaît, par exemple, que le minerai tenant 52 1/2 pour 100, vendu le 9 août 1843, à raison d'un standard de 75 livres, le prix marchand de cuivre étant 76 livres, a été beaucoup plus avantageux au mineur que celle du 8 juillet 1847, dans laquelle le prix du cuivre étant 95 livres, le minerai de même teneur n'a été vendu qu'à raison d'un standard de 71 livres. On trouve de même que la vente faite le 20 dé-

cembre 1843 d'un minerai tenant 3 1/2, a été plus avantageuse au mineur que les ventes du minerai de même teneur faites les 22 juillet et 26 août 1847.

Améliorations à introduire dans le commerce des minerais.

A la vérité, une personne étrangère à l'industrie métallurgique du pays de Galles qui fera sans difficulté la comparaison sommaire que je viens de signaler, n'en pourra conclure rien de précis touchant le surcroît d'avantages que les marchés de 1847 ont assuré aux usines; mais il n'en est pas de même du fondeur qui connaît à peu près, par une longue habitude de ce genre de calculs, le bénéfice qui correspond pour lui à un standard calculé pour des conditions déterminées. Les fondeurs gallois ne se sont évidemment point appliqués à introduire de la clarté dans les ventes de minerais, il faut même reconnaître, en lisant les nombreux débats qui se sont élevés à ce sujet entre les fondeurs et les mineurs, que l'emploi de cette donnée auxiliaire a singulièrement contribué à embrouiller ces discussions. Je reviendrai à la fin de ce mémoire sur le moyen le plus convenable d'apprécier les variations du commerce de minerais; j'indiquerai même (voir § 15) une mesure de ces variations qui me paraît préférable à celle dont les fondeurs gallois ont fait usage jusqu'à ce jour. L'imperfection et l'obscurité des renseignements publiés relativement au commerce des minerais ne permettent point de déterminer avec précision les données économiques les plus essentielles de l'industrie du cuivre, savoir : la part attribuée, soit au mineur, soit au fondeur, dans le prix marchand de ce métal. Je n'insisterai pas ici sur cette recherche déli-

cate, me réservant, comme je viens de le dire, de tirer plus loin ce résultat de l'étude technique et économique des procédés de fusion.

Transport des minerais du Cornwall, depuis les mines jusqu'aux ports d'embarquement.

Après avoir pris livraison des minerais au dépôt des mines, les fondeurs ont d'abord à les transporter au port le plus voisin. Pour les mines placées dans les conditions les moins favorables, ce transport se fait par charretage, à une distance qui peut s'élever à 8 milles (13 kilomètres), au prix moyen de 0^shil.,65 par tonne et par mille, soit de 5^shil.,2 par tonne, pour la distance totale. Pour toutes les grandes mines du pays, ce transport se fait sur des chemins de fer, à raison de 0^shil.,18 par tonne et par mille, dont 0^shil.,10 pour les frais de *traction*. Les frais totaux par tonne sont dans certains cas inférieurs à 1 shilling. On peut admettre par aperçu que les frais de transport payés par le fondeur depuis les mines jusqu'au port sont en moyenne de 3 shillings.

Les ports d'embarquement sont situés sur les côtes occidentale et méridionale de la presqu'île de Cornwall et de Devon, depuis Portreath jusqu'à la rivière Tamar : Hayle, Penzance, Deveronpoint, Saint-Austle, Par, Looe, etc., sont les plus importants. Les fondeurs possèdent dans chacun de ces ports un dépôt où les minerais sont provisoirement emmagasinés, et qui sont ordinairement choisis de manière que les frais de réception et d'embarquement y soient réduits autant que possible. L'entrepreneur qui transporte les minerais de la mine au port est ordinairement tenu de les déposer au lieu qui lui est indiqué. L'embarquement est fait en partie par l'équipage du navire, en partie par des ouvriers spéciaux

auxquels le fondeur paie moyennement $0^{shil.}$,50 par tonne.

Transport des minerais depuis le port du Cornwall jusqu'aux fonderies galloises.

Enfin les minerais sont amenés des ports du Cornwall et du Devon, aux fonderies ou aux ports gallois les plus voisins, par une classe de navires et de gens de mer affectés presque exclusivement à cette sorte de transports, avec cette économie qui règne toujours dans les industries pratiquées sur une vaste échelle. Ces navires jaugent ordinairement de 100 à 150 tonneaux : les termes extrêmes que j'ai eu occasion d'observer dans le Cornwall et dans le pays de Galles sont 60 et 220 tonneaux. Il importe que les navires puissent pénétrer à toutes les marées dans les embouchures de rivières où sont groupées les principales usines; et, à cet effet, leur tirant d'eau ne doit pas excéder 3^m,20.

Détails sur l'industrie maritime ayant pour objet les transports de minerais.

Un navire de dimension moyenne, soit de 130 tonneaux, est ordinairement monté par huit marins, savoir :

1 capitaine payé par mois. . . .	120 shil.
1 *mate* ou second capitaine, payé:	55
5 matelots, payés ensemble. . . .	250
1 mousse, sans appointements. .	0
8	425

Les navires appartiennent quelquefois aux compagnies de fondeurs; quelques-uns sont la propriété des capitaines qui les commandent; le plus grand nombre appartient à des propriétaires étrangers à l'industrie minérale, et surtout à des compagnies d'armateurs. Le propriétaire du navire, outre les appointements indiqués ci-dessus, accorde la nourriture à l'équipage et l'habillement

au mousse. A cet effet, il débat de gré à gré avec le capitaine le nombre de marins qui doit être employé à bord du navire, et lui alloue, pour frais de nourriture 1shil.,08 par jour, pour chaque marin; en sorte que, pour un équipage composé comme il a été dit ci-dessus, les frais journaliers de nourriture monteraient à 8shil.,67. La somme totale des appointements et des frais de nourriture étant ainsi réglée entre le propriétaire et le capitaine, celui-ci engage l'équipage sur lequel il a pleine autorité, et qu'il peut d'ailleurs réduire au-dessous du nombre convenu en réglant en conséquence avec ses subordonnés les appointements et la ration. Dans tous les cas, le marché passé pour la nourriture de l'équipage assure au capitaine un certain bénéfice.

Ces navires sont pour la plupart construits dans les petits ports du Cornwall, tels que : Appledoor, Bidiford, Barnstaple, etc.; leur prix courant pour tout tonnage s'établit à peu près à raison de 240 shillings par tonneau légal de jauge : il s'applique aux navires munis de tous leurs agrès et prêts à prendre la mer. Souvent, dans les ventes publiques, on peut se procurer ces navires pour un prix moindre. C'est ainsi, par exemple, qu'à la suite d'une faillite, j'ai vu vendre, à Swansea, pour 17.000 shillings, un navire de 140 tonneaux, ayant seulement un an de mer et en bon état d'entretien; ce qui ne faisait monter qu'à 121 shillings le prix du tonneau.

Les navires font généralement dans le cours d'une année treize voyages entiers (aller et retour) entre le Cornwall et le pays de Galles, en sorte qu'un navire de 130 tonneaux transporte annuellement 1690 tonnes (de 20 quint.). La distance

moyenne des ports de ces deux régions, entre lesquels s'opère la plus grande masse de transports, est 250 kilomètres, en sorte que l'espace total parcouru en une année est 6.500 kilomètres. Les dimanches et fêtes sont effectivement employés au transport quand le navire est en mer : dans le cas contraire, ils doivent être consacrés au repos. Si l'on tient compte d'ailleurs des relâches forcées pour mauvais temps, avaries et travaux d'entretien, on trouve que l'équipage ne consacre réellement au service du transport que 320 jours par an, dont 160 seulement au transport des minerais de cuivre.

Le prix du fret varie avec diverses circonstances et surtout selon la saison : la tonne de minerai de cuivre, telle que la livre le vendeur, c'est-à-dire le poids de 21 quintaux de 112 livres, se transporte dans l'été à raison de 3shil.,50 ; dans l'hiver, ce prix monte parfois à 5 shil.; le prix moyen de l'année peut être fixé très-approximativement à 4 shil. Ce commerce est singulièrement favorisé par cette circonstance que les navires, quittant le pays de Galles, reportent dans la presqu'île de Cornwall, qui est entièrement dépourvue de combustible minéral, la houille que réclament la consommation domestique; les machines à vapeur employées sur les mines, à l'épuisement et à l'extraction ; les ateliers de construction; les fonderies de minerai et de métaux établis dans la région des mines, etc. Le poids de la houille nécessaire pour ces divers usages est généralement plus considérable que celui du minerai de cuivre à transporter; en sorte que le fret de la houille paie généralement la plus grande partie de la dépense qu'entraîne le voyage complet. Souvent, les propriétaires des bâtiments

achètent à leur compte, dans le pays de Galles, la houille qu'ils revendent ensuite dans le Cornwall aux meilleures conditions, et dans ce cas, le bénéfice de cette spéculation se confond avec le prix du fret; lorsque ce transport se fait pour le compte du propriétaire de la houille, le prix du fret s'établit moyennement, pour l'année, au taux de 5 shil. par tonne de 20 quintaux. Cette combinaison éminemment favorable aux fondeurs gallois réduit à $0^{sh},015$ ($0^{f},018$), par tonne de minerai de cuivre et par kilomètre, le fret qui, sans cette circonstance, eût dû être porté à $0^{sh},035$ ($0^{f},043$). Les frais de transport ainsi payés par le fondeur gallois pour l'approvisionnement de leurs usines sont à peine la vingtième partie de ceux qu'ont ordinairement à supporter, à distance égale dans les pays de montagnes, les exploitants des principaux districts de mines et d'usines du continent européen. Il en résulte que malgré la distance considérable qui les sépare des mines, les fonderies galloises, dont le rayon d'approvisionnement est presque indéfini, se trouvent pour le transport du minerai, dans des conditions plus favorables que la plupart des usines à cuivre du continent, situées à moins de 10 kilomètres des mines peu nombreuses où elles peuvent s'approvisionner. Cet ensemble de conditions si favorables aux fonderies galloises est l'une des principales causes de la prospérité dont elles jouissent.

La balance des frais et des bénéfices annuels d'un navire de 130 tonneaux affecté au transport des minerais de cuivre, peut s'établir moyennement comme il suit :

Balance des dépenses et des recettes d'un navire employé au transport des minerais.

	shil.		shil.
Solde de l'équipage.	5.100	Fret pour 1.690 tonnes de minerai de cuivre, à raison de 3sh.,8 par tonne de 20 quintaux.	6.422
Vivres	3.104	Fret pour 1.690 tonnes de houille, à raison de 5 shil. par tonne	8.450
Intérêt et amortissement du navire, entretien de la coque, 10 p. 100 du prix d'achat	3.120		14.872
Entretien des agrès, assurance du navire, avaries extraordinaires, frais divers	1.100		
Bénéfice	2.448		
	14.872		

Une compagnie de fondeurs qui fait le transport des minerais par ses propres navires, et qui, dans sa comptabilité, ne charge ce service que des dépenses effectivement faites, transporte en réalité ces minerais au prix de 2sh.,35 par tonne, ainsi que le prouve le calcul ci-après :

	shil.		shil.
Frais annuels du navire, selon le compte précédent. . . .	12.424	Fret pour 1.690 tonnes de minerai de cuivre, à raison de 2sh.,35 par tonne. . . .	3.974
		Fret pour 1.690 tonnes de houille, à raison de 5 shil. par tonne.	8.450
			12.424

Les frais se trouvent encore réduits quand on porte en déduction des dépenses de navigation les bénéfices que peut donner, en sus du fret, le commerce de la houille.

Les minerais de cuivre transportés annuellement à Swansea forment un poids total de 200.000 tonnes, savoir : 165.000 tonnes de la presqu'île de Cornwall et de Devon, et 35.000 tonnes des deux rivages de la mer d'Irlande. Ces derniers minerais se transportent à peu près aux mêmes conditions que ceux du Cornwall, en sorte que l'approvisionnement des fonderies galloises assure un travail régulier et constant à 128 navires jaugeant ensemble 15.340 tonneaux et montés par un millier de marins.

Débarquement des minerais du Cornwall; transport au dépôt de la fonderie.

Les principales usines du pays de Galles, placées près de l'embouchure et dans la région navigable de petites rivières, reçoivent directement les minerais, ainsi apportés du Cornwall. Les établissements sont pourvus à cet effet d'un quai (*Pl. III, fig.* 4 et 5) près duquel les navires peuvent flotter, sauf pendant une ou deux heures, avant et après l'époque de la basse mer. L'équipage du navire est tenu d'élever les minerais jusqu'au niveau des tas que l'on accumule dans une vaste cour contiguë au quai. Le sol de cette cour est ordinairement de niveau avec le quai et s'élève au moins à $0^m,30$ au-dessus des plus hautes eaux d'équinoxe. Le remplissage des paniers, le transport horizontal des minerais et leur arrangement en tas se font au moyen d'ouvriers spéciaux payés par le fondeur. Voici sur ce travail, toujours exécuté à la tâche, par des hommes vigoureux et actifs, les faits que j'ai observés.

Un navire tenant 130 tonneaux de minerai qui était arrivé à quai à 5 heures du matin, fut entièrement déchargé et en état de procéder à l'embarquement de sa cargaison de houille, à 3 heures de l'après-midi : déduction faite d'une heure de repos, le travail avait duré effectivement 9 heures. Six hommes de l'équipage élévaient à l'aide de poulies le minerai chargé dans des paniers, depuis le niveau de la cale jusqu'à une hauteur variant de 1 à 5 mètres au-dessus du niveau du quai : la profondeur en contre-bas du quai, de laquelle le minerai était élevé, a varié avec la marée et l'état de vidange du navire, de 3 à 6 mètres; en sorte que la hauteur totale du transport dans le sens vertical était en moyenne de $7^m,50$. Quatorze autres ouvriers secondaient l'équipage : quatre

d'entre eux étaient employés dans la cale à remplir les paniers que hissait l'équipage ; quatre autres, placés tantôt sur le pont, tantôt sur le quai, tantôt sur un échafaudage, recevaient les paniers et emplissaient des brouettes ; six rouleurs, enfin, poussaient les brouettes remplies à une distance moyenne de 30 mètres en un point situé généralement de 1 à 3 mètres au-dessus du point de départ. Chacun des rouleurs est payé à raison de $0^{shil.}$,0416 par chaque tonne de la cargaison et reçoit, en conséquence, dans les conditions précédentes, $5^{shil.}$,41 pour le travail auquel il a coopéré ; cette partie du transport entraîne par tonne une dépense de $0^{shil.}$,25 ; les huit autres ouvriers, qui développent un effort moindre, ne sont payés ensemble que $0^{shil.}$,167 environ par tonne. Ces salaires, pour les minerais de toutes provenances, se règlent toujours pour le poids de 21 quintaux, et montent, comme on voit, en totalité, à $0^{shil.}$,417.

Transport des minerais étrangers depuis les dépôts de Swansea jusqu'au dépôt de la fonderie.

Les minerais étrangers, ceux d'Irlande, du pays de Galles, etc., n'étant vendus aux fondeurs qu'après avoir été amenés à Swansea, ne peuvent être directement débarqués aux usines. Les agents des mineurs étrangers et indigènes les déposent provisoirement sur des quais affectés à cet usage spécial dans le port de Swansea ; c'est dans ces dépôts provisoires que les agents des fondeurs et ceux de la douane vont prendre les échantillons destinés à l'essai ; c'est là également que les acquéreurs vont prendre livraison des minerais lorsque le moment est venu de les transporter aux usines : les frais de ce dernier transport sont seuls à la charge des fondeurs. Ce service est fait

ordinairement par des navires d'un tonnage et surtout d'un tirant d'eau moindres que ceux qui font la navigation du Cornwall : on emploie concurremment la voie d'un canal tracé parallèlement au rivage, pour ceux des minerais qui sont dirigés aux fonderies voisines de Neath-Abbey. Les plus grandes distances qu'on ait à franchir sont de 12 kilomètres vers l'est et de 50 kilomètres vers l'ouest, pour les usines situées près d'Aberavon et de Llanelly : cette plus grande distance à franchir est une cause d'infériorité pour les usines les plus éloignées de Swansea; mais celle-ci est balancée par le prix de la houille qui, sur ce littoral carbonifère, tend à s'abaisser relativement dans les ports les moins fréquentés. On remarque toutefois que depuis l'époque où le commerce des minerais étrangers a pris de l'extension, les usines situées dans la rivière de Swansea tendent à se développer plus rapidement que les autres. L'une des principales fonderies situées dans ces conditions, à une distance moyenne de 2 kilomètres des dépôts provisoires de Swansea, opère cette seconde catégorie de transports au moyen d'une sorte de bateau plat jaugeant 120 tonneaux, tirant au plus 2m,10 d'eau, affecté toute l'année à ce service. Ce navire est monté par quatre hommes payés, le premier 25 shillings, le second 21 shillings, les deux autres 18 shillings; les trois derniers reçoivent en outre, sous forme de pourboire, une indemnité qui équivaut en tout à 7sh,5 par semaine : le salaire de l'équipage entraîne donc une dépense hebdomadaire de 89sh,5. Le minerai est chargé et déchargé par l'équipage aidé d'ouvriers supplémentaires : pour le déchargement, les frais par tonne sont exacte-

ment les mêmes que pour les minerais du Cornwall; pour le chargement, on traite de gré à gré, dans chaque cas, selon la distance comprise entre les tas de minerai et le navire. On accorde toujours 0shil.,0417 à chaque ouvrier pour chaque tonne de minerai à charger : le débat porte seulement sur le nombre d'hommes qui doivent être employés. La distance des tas au navire est ordinairement comprise entre 15 et 100 mètres et la pente est presque toujours favorable au roulage : on emploie deux hommes pour la moindre distance et cinq hommes pour la plus grande; en sorte que le prix de l'embarquement d'une tonne dans les deux cas extrêmes varie de 0shil.,083 à 0shil.,208. Avec ce personnel employé au roulage et l'équipage employé à l'emplissage des brouettes, on charge le navire de 120 tonneaux en huit heures d'un travail très-actif : dans ces conditions ces huit heures de travail assurent à chaque rouleur un salaire de 5 shillings.

Un jour est employé pour le chargement et le transport au quai de la fonderie; le jour suivant est consacré au déchargement et au retour. On fait ainsi pendant les six jours de la semaine consacrés au travail, trois voyages et un transport total de 360 tonneaux. La somme des frais annuels de toute sorte qu'entraînent l'achat et l'entretien d'un tel navire est d'environ 3.000 shillings.

En résumé, les dépenses en main-d'œuvre et en argent, auxquelles donne lieu le transport du minerai depuis le dépôt des mines jusqu'à celui des fonderies, peuvent dans des conditions moyennes être établies comme il suit, pour une tonne ordinaire de 20 quintaux :

Résumé sur les frais de transport des minerais.

	MINERAIS ACHETÉS en Cornwall.	MINERAIS ACHETÉS à Swansea.
	shil.	shil.
Transport de la mine au port (moyenne). . .	3,00	»
Embarquement.	0,50	0,15
Transport par mer des ports aux usines. . .	3,82	0,40
Débarquement.	0,40	0,40
Totaux.	7,72	0,95

Indication sommaire de la nature physique des minerais.

Les minerais fondus dans les usines galloises comprennent presque toutes les espèces minérales et même les variétés qui se traitent isolément dans les autres groupes métallurgiques. L'abondance relative des diverses espèces accumulées dans les dépôts des usines est à peu près celle qu'un géologue aurait occasion d'observer en étudiant tous les gîtes cuivreux d'un grand continent. L'espèce la plus abondante est sans contredit le cuivre pyriteux qui comprend environ les deux tiers du cuivre amené aux fonderies : viennent ensuite le cuivre carbonaté vert; les composés de sulfure de cuivre et de fer plus riches en métal que le cuivre pyriteux; le cuivre oxydulé, les cuivres phosphatés et arséniatés; le cuivre sulfuré, les cuivres gris; le cuivre oxydé noir, les cuivres carbonatés bleus; le cuivre natif; les hydrosilicates de cuivre; puis enfin quelques espèces accidentelles sans importance commerciale. Ces principes constituants des minerais ne sont guère associés qu'à

deux sortes de gangues, le quartz et la pyrite de fer; les autres gangues ne sont jamais qu'une faible fraction du poids total : parmi celles qui se distinguent surtout à raison de leur fréquence ou de l'influence exercée par les principes constituants sur le traitement métallurgique, il faut citer en première ligne : les schistes argileux, les argiles et autres roches alumineuses; les serpentines et les autres roches magnésiennes; la chaux carbonatée pure ou combinée avec les carbonates isomorphes de fer, de manganèse et de magnésie; la pyrite arsenicale; les oxydes de fer, de manganèse et d'étain; des combinaisons sulfurées de nickel et de cobalt. Les recherches chimiques dont les résultats sont présentés dans les §§ 3 à 12 m'ont permis d'indiquer ci-après (§ 2, pages 110 et 112), d'une manière précise, la composition chimique et minéralogique des minerais que traitent les grandes fonderies du pays de Galles. On y verra également le classement que les fondeurs établissent entre les divers minerais pour les soumettre au traitement métallurgique.

Les questions qui se rattachent à la composition et à la nature physique des minerais sont la base de la métallurgie galloise et se représentent naturellement dans toutes les subdivisions de cet ouvrage. Pour éviter les redites, je crois donc devoir borner aux détails précédents les considérations générales relatives aux minerais, me réservant de présenter des détails plus spéciaux à mesure que le besoin s'en fera sentir.

Produits d'art traités dans les fonderies galloises.

Il convient de signaler ici certains produits d'art qui sont achetés par les fondeurs, à raison du cuivre qu'ils contiennent, de la même manière

et pour les mêmes destinations que les minerais proprement dits. Tels sont : les mattes importées du Chili, les battitures et déchets divers provenant des usines où l'on soumet le cuivre au laminage et au martelage, d'anciennes scories tenant encore une notable quantité de métal, etc. On indiquera au lieu convenable le rôle que jouent ces divers produits dans le traitement métallurgique : ils sont généralement plus faciles à traiter que les minerais et se vendent ordinairement plus cher à teneur égale, ou, en d'autres termes, avec un *standard* plus élevé.

Fondants ou réactifs terreux employés.

Les fondants ou réactifs terreux interviennent en proportion encore plus considérable dans la méthode galloise que dans la plupart des méthodes employées sur le continent pour le traitement métallurgique des minerais de cuivre. Leur poids, comparé à celui des diverses matières qui se trouvent en présence, forme les

0,11 du poids des minerais traités ;
0,13 des substances autres que le cuivre ;
0,29 des gangues terreuses ;
0,87 du cuivre contenu dans les minerais.

Ces substances, essentiellement composées de matières siliceuses ou argileuses, agissent surtout par la silice qu'elles contiennent. Dans l'une des opérations, on fait intervenir le fluorure de calcium; dans la plupart des autres, on fait réagir, avec la silice, une proportion notable de chaux et d'alumine. On pourrait eroire, au premier aperçu des comptes de fonderies, que la proportion des fondants est beaucoup moindre que je ne l'indique : il n'y a guère, en effet, que le tiers de cette quantité qui soit l'objet d'une addition spé-

ciale; le reste est enlevé dans le cours des élaborations aux parois mêmes des fourneaux où les matières réagissent. Cette circonstance ne se présente point exclusivement dans la méthode galloise; il est même vrai de dire que c'est faute d'observations exactes sur ce point que beaucoup d'opérations métallurgiques n'ont pas été aperçues sous leur vrai jour; ce qu'il y a ici de particulier c'est que l'intervention des matières terreuses composant les parois des fourneaux est plus prononcée, plus essentielle qu'elle ne l'est, à ma connaissance, dans les autres branches de la métallurgie. Je me suis appliqué à recueillir tous les renseignements et à faire toutes les études chimiques nécessaires pour mettre en lumière complète (*voir* § 13, tableaux I à X) ce trait intéressant de la méthode galloise.

Composition chimique et prix du fondant fluoré.

Le seul fondant dont on fasse une addition spéciale ne forme que le tiers du poids total des matières terreuses ajoutées dans le cours du traitement; les fondeurs l'appellent *spar*, nom qui, dans le langage métallurgique de la Grande-Bretagne, s'applique ordinairement au fluorure de calcium, et c'est à ce dernier agent que les fondeurs attribuent ordinairement l'efficacité du réactif. Cependant j'ai toujours observé, dans les fondants fluorés du pays de Galles, une forte proportion de matière argileuse, dont l'alumine aide à la fusion de la chaux, de la magnésie, et de certains oxydes métalliques. Le fondant fluoré vient ordinairement de la région orientale de la presqu'île de Cornwall, et surtout des mines de plomb situées sur la rivière Tamar. Il est transporté comme les minerais de cuivre extraits de la

même contrée; la tonne rendue au dépôt des mines coûte 10 shillings, dont moitié, environ, représente le prix du fret. Il est employé, sans aucune préparation mécanique, dans l'état où il est amené aux usines : le fluorure de calcium y est contenu en fragments ayant la grosseur moyenne d'une noix; la substance alumineuse s'y trouve sous forme d'argile ou de schiste à demi décomposé, concassé lui-même en petits fragments. Une analyse faite sur une sorte de prise d'essai, provenant d'un grand nombre de tas, a donné la composition suivante :

Fluor	0,300
Calcium	0,330
Silice (par différ.)	0,247
Oxyde ferrique	0,011
Alumine	0,068
Chaux	0,013
Eau et acide carbonique	0,031
	1,000

Ce qui équivaut à :

Fluorure de calcium	0,630
Silicate d'alumine hydreux	0,336
Oxyde ferrique	0,011
Carbonate de chaux	0,023
	1,000

Les usines galloises consomment annuellement 7.800 tonnes de fondant fluoré, qui se transportent en même temps que le minerai de cuivre. Les navires venant de la rivière Tamar ne peuvent guère accomplir plus de onze voyages par an; en sorte que le transport de cette matière, s'il était constamment effectué à part, emploierait annuellement environ six navires de 130 tonneaux.

Composition chimique et prix du sable employé pour la sole des fours de fusion.

Une seconde matière terreuse fort importante est un sable quartzeux qui s'introduit de deux manières dans les réactions métallurgiques : la plus grande partie est employée pour composer la sole des fours à réverbère dans lesquels se font les opérations de fusion : ces soles sont pour la plupart corrodées sans cesse par l'action des matières qui réagissent à leur contact; celles qui ne sont point corrodées s'imprègnent de matières cuivreuses et donnent lieu, lors de la démolition et de la réparation des fourneaux, à des débris riches en cuivre dont on tire parti en les fondant avec les minerais proprement dits.

La matière employée pour composer les soles des fourneaux gallois doit remplir plusieurs conditions importantes : d'une part, elle doit être assez réfractaire pour ne point se liquéfier par la seule influence de la chaleur; de l'autre, elle doit être assez ramollissable pour que les particules en se frittant acquièrent une certaine consistance et ne cèdent pas trop aisément au choc ou au frottement des outils. Enfin, comme il est impossible de trouver pour composer les soles une substance qui, remplissant d'ailleurs toutes les conditions nécessaires, résiste à l'action des matières en fusion et reste étrangère à la composition des scories que le traitement doit produire, il convient, autant que possible, que cette substance fournisse des éléments utiles aux scories, et dispense d'une addition équivalente d'un autre fondant. Cette condition est essentielle, et c'est faute d'y accorder l'attention convenable que plusieurs métallurgistes ont échoué dans leurs tentatives pour appliquer à la fonte des minerais de cuivre les procédés du pays de Galles. Un sable excellent pour

ce service a précisément été rencontré à la surface du sol, à proximité des principales usines, sur les bords du canal tracé parallèlement au rivage de la mer, qui réunit les embouchures des deux rivières de Neath et de Swansea. Un sable très-convenable pour le même usage se trouve également sur le rivage même de la mer, à l'ouest et à peu de distance du port de Swansea : on le transporte directement aux usines par charretage. Les conditions d'approvisionnement sont donc extrêmement favorables : le sable rendu aux fourneaux où l'on en fait usage n'y revient ordinairement qu'à 2$^{sch.}$,75 la tonne. On l'emploie sans aucune préparation, dans l'état même où il est recueilli. Le sable de rivage est formé de particules très-ténues, mais de grosseur uniforme : le quartz pur forme les neuf dixièmes de la masse ; le reste se compose de particules calcaires : on voit trancher çà et là sur la couleur blanche de ce mélange quelques parcelles de fer oxydulé et de roches amphiboliques micacées et ferrugineuses. Cette composition, qui se révèle très-bien par un examen fait à la loupe, est confirmée et plus précisément fixée par l'analyse suivante :

Quartz et silice	0,860
Chaux	0,057
Magnésie	0,008
Alumine	0,016
Oxyde ferrique	0,012
Acide carbonique, trace d'eau	0,045
	0,998

Les briques réfractaires, employées pour construire la plus grande partie de la masse des fourneaux, jouent dans le traitement métallurgique un rôle analogue à celui du sable compo- Briques réfractaires employées pour la construction des fours ; origine et prix.

sant les soles de ces mêmes appareils. Une partie de ces matériaux est directement dissoute par l'action simultanée de la température et des réactifs employés; une autre partie, intimement pénétrée de matières cuivreuses, est soigneusement triée au milieu des débris provenant de la démolition totale ou partielle des fourneaux, pour être introduite dans le traitement métallurgique, de la même manière que les minerais de composition analogue. Tous les débris cuivreux provenant de la paroi intérieure des fourneaux à cuivre jouent, comme on le verra (§ 6 et § 13, tableau IV), un rôle important dans l'une des opérations de la méthode galloise : ils sont désignés, quelle qu'en soit l'origine, sous la dénomination de *cobbing* (1), que je traduirai par l'expression *débris de fourneaux*. Le pays de Galles, si heureusement doué sous le rapport de la richesse minérale, pourrait vraisemblablement trouver dans son propre sol tous les matériaux nécessaires à la construction des fonderies; mais à cet égard les usines profitent de leur situation littorale et du fret extrêmement modéré dont se contentent, pour la cargaison de retour, les navires qui emportent la houille galloise sur les diverses côtes du Royaume-Uni; en conséquence, elles s'approvisionnent, au dehors, de la majeure partie des matériaux réfractaires nécessaires pour les appareils métallurgiques, et même des briques employées pour les constructions communes.

(1) Personne n'a pu m'indiquer dans le pays de Galles l'orthographe exacte de ce mot : je l'écris ici comme je l'ai entendu prononcer par les ouvriers.

Les briques réfractaires les plus estimées viennent du Staffordshire méridional. Les matériaux employés pour leur fabrication proviennent du célèbre terrain houiller de cette contrée : ils s'extraient et s'élaborent près de la petite ville de Stourbridge. Les briques sont transportées par canal de Stourbridge à Stourport, puis, sur la Severn par Worcester et Glocester, jusqu'à la baie de Bristol ; par mer enfin, jusqu'aux usines. Les briques sont façonnées, sur commande, sous les diverses formes que réclame la construction des fourneaux et des appareils métallurgiques ; cependant les formes exceptionnelles sont en général peu employées par les maçons gallois qui exécutent solidement presque toutes les constructions avec des briques parallélipipédiques d'un format uniforme. Celles de ces briques qui proviennent de Stourbridge ont ordinairement pour dimensions principales 9 et 4 1/2 pouces ; la moindre dimension est telle que deux briques maçonnées, y compris la légère couche d'argile qui leur sert de ciment, offrent une épaisseur totale moyenne de 6 pouces. En admettant 2 millimètres pour l'épaisseur moyenne des joints, on trouve que les dimensions sont exactement en mesures métriques : 0^m,228, 0^m,114 et 0^m,075. Les fabricants de Stourbridge ont ordinairement leurs dépôts à Stourport sur la Severn : le prix de vente du millier de briques y est ordinairement de 60 shillings, y compris 6 shillings prélevés, au profit du trésor public, sur toutes les briques fabriquées en Grande-Bretagne. Le prix de revient aux usines est de 90 shillings, et se compose comme il suit :

Taxe.	6 shill.
Achat à Stourport.	54
Transport à 225 kilomètres, au taux moyen de 0shill.,047 par tonne et par kilomètre.	30
	90

Des expériences faites en petit m'ont prouvé que la densité de ces briques varie de 1,46 à 1,65; le millier, d'après les dimensions rapportées ci-dessus, a pour volume 1m.cub.,97; il a pour poids au moins 2.880 kilogr. ou 2t,83. Le prix de revient aux usines de la tonne de briques réfractaires de Stourbridge est donc de 31shil.,8.

Les briques réfractaires classées au deuxième rang se fabriquent dans le pays de Galles, dans le district même des fonderies, et sont connues, d'après le lieu de dépôt, sous le nom de briques de Neath. L'échantillon le plus usuel a la même dimension que les briques de Stourbridge, sauf un ou deux millimètres de plus sur la petite dimension. Le millier revient à 72 shillings aux usines de Swansea, savoir : 70 shillings pour la taxe et l'achat, et 2 shillings pour le transport par le canal. Le millier pèse environ 2t,90, et la tonne revient à 24shil.,10.

On classe au troisième rang des matériaux réfractaires les briques dites du Flintshire, qui se fabriquent, comme les précédentes, avec des matériaux provenant d'un terrain houiller. Le millier, embarqué à bord des navires près de la ville de Flint, sur la côte septentrionale du pays de Galles, vaut environ 30 shillings. Le prix du transport par mer est de 25 shillings par millier. Le prix courant de cette sorte de briques, dans les dépôts de Swansea, est ordinairement de 60 shil-

lings. La tonne revient moyennement à 20$^{shil.}$,7.

Les briques réfractaires de Stourbridge ne contiennent que des traces de magnésie et d'oxyde de fer jointes à leurs principes essentiels, la silice et l'alumine. La proportion d'alumine y est plus grande que dans tous les autres matériaux réfractaires usuellement employés dans les fonderies. Cette proportion est ordinairement comprise entre 0,28 et 0,36. J'ai même eu occasion d'indiquer ailleurs (1) que, pour certains emplois spéciaux, le terrain houiller voisin de Stourbridge fournit des argiles tenant, après la calcination, jusqu'à 0,45 d'alumine. Les briques réfractaires de Neath et du Flintshire sont moins riches en alumine et plus chargées de silice; elles contiennent souvent une proportion appréciable de magnésie et d'oxyde de fer. La masse totale de briques entraînée par voie de dissolution ou sous forme de *cobbing*, dans les réactions métallurgiques, offre approximativement la composition suivante :

Silice.	0,795
Alumine.	0,200
Magnésie.	0,003
Oxyde ferrique. . .	0,002
	1,000

On emploie en petite quantité une argile demi-réfractaire, coûtant 8 shillings la tonne, pour enduire de temps en temps les parois latérales de certains fours et les préserver contre l'action corrosive des scories.

(1) Mémoire sur la fabrication de l'acier en Yorkshire, etc. (Annales des mines, 4e série, t. III, p. 646.)

Briques pour les constructions accessoires des fonderies ; origine et prix.

Les briques rouges communes employées pour les constructions ordinaires viennent pour la plupart des environs de Bridgewater, dans le comté de Sommerset. Les matériaux en sont fournis par les terrains secondaires superposés, dans cette partie centrale de la baie de Bristol, aux formations anciennes qui en forment les deux extrémités. Le millier revient à 30 shil. aux usines galloises, savoir : 27 1/2 shil. pour l'achat et la taxe, 2 1/2 shil. pour le transport à une distance moyenne de 80 kilomètres. Les navires qui se livrent à ce genre de transports apportent en outre de ce même lieu, qui est en quelque sorte le jardin et la ferme du pays de Galles, des denrées de tout genre et surtout des grains, des légumes et des fruits.

Considérations générales sur les combustibles employés.

Les combustibles forment le principal objet de consommation des fonderies galloises ; ils y sont essentiellement employés pour produire la chaleur nécessaire aux réactions, mais n'interviennent guère comme réactif, ainsi que cela a lieu dans la plupart des méthodes métallurgiques du continent. On réserve ordinairement pour les fonderies de cuivre les variétés de houille qui sont le moins propres aux autres emplois, ou même qui ne pourraient recevoir aucune autre destination. Les houilles grasses, grosses ou menues, peuvent être avec avantage exportées par voie de mer pour la consommation du littoral de la Grande-Bretagne ; mais les houilles sèches et surtout les anthracites que le pays de Galles produit en grande quantité, ne peuvent supporter les frais d'exportation que lorsqu'ils sont en morceaux. Le pays de Galles expédie annuellement 900.000 tonneaux de combustible minéral dont les deux tiers environ sont

composés de charbons non collants en morceaux; l'extraction de ce dernier combustible entraîne celle d'une quantité à peu près égale de menu charbon. Celui-ci ne s'agglutinant pas par l'action de la chaleur ne peut être transformé en coke; il ne peut être employé sur la grille de la plupart des fourneaux, parce qu'il glisse au travers des barreaux quand on le charge par petites quantités, et que, dans le cas contraire, il les obstrue complétement. La même difficulté se présente dans tous les districts carbonifères qui expédient au dehors de grandes quantités de charbons : dans le pays de Newcastle, par exemple, on s'est vu réduit, pour éviter l'encombrement, à brûler en pure perte cette sorte de combustible à la surface des ateliers d'extraction. Pour certains usages spéciaux, *où il n'est point nécessaire* de produire de hautes températures, où l'on peut se dispenser de recourir à l'emploi des grilles, et où le combustible peut être divisé par le mélange même des matières solides qu'il s'agit d'élaborer, on a pu tirer bon parti des houilles sèches ou des anthracites menus; mais ces emplois tels que la fabrication de la chaux, la calcination de divers minerais, etc., sont assez restreints. Beaucoup de métallurgistes ont vainement tenté, depuis longtemps, de les appliquer à des usages plus relevés. Ces sortes de recherches reçurent une impulsion nouvelle en diverses parties du continent européen lorsque j'eus prouvé, en 1835, que les combustibles solides employés dans les fourneaux à tuyères agissent essentiellement par les produits de leur gazéification. On prit pour point de départ de ces nouveaux essais l'idée de transformer d'abord en gaz les combustibles dans des four-

neaux à tuyères, puis de conduire ces gaz dans des appareils distincts pour mettre à profit leurs propriétés chimiques et calorifiques. Les tentatives de ce genre que j'ai observées dans toutes les parties du continent n'ont point, jusqu'à ce jour, répondu à l'attente de leurs auteurs : presque toujours les inconvénients résultant de la complication des appareils ont balancé les avantages qu'on avait en vue; souvent ces essais ont entraîné en pure perte d'énormes dépenses.

Il est digne de remarque qu'à l'époque même où l'on tentait si infructueusement, et à l'aide d'appareils si dispendieux, d'appliquer sur le continent les combustibles en poussière et non collants aux opérations fondamentales de la métallurgie, ce problème se trouvait déjà résolu par les fondeurs gallois d'une manière aussi simple qu'efficace. C'est sans contredit à cette ingénieuse découverte qu'est due la supériorité qui leur reste acquise jusqu'à ce jour : il leur eût été difficile de conserver le monopole du traitement des minerais étrangers, s'ils avaient dû employer comme combustibles les houilles marchandes qui trouvent des débouchés si avantageux et des prix si élevés sur le littoral du Royaume-Uni et de l'Europe continentale. A cette occasion, comme pour beaucoup d'autres faits appartenant à l'histoire des arts industriels, il y a lieu de s'étonner qu'une des découvertes les plus ingénieuses et les plus mémorables de la métallurgie ait jusqu'à ce jour passé inaperçue et n'ait pas même été signalée par les écrivains technologistes de la Grande-Bretagne. Dès l'année 1836, époque de mon premier voyage en Angleterre, mon attention étant vivement dirigée sur la gazéification des

combustibles, j'ai pu remarquer le trait caractéristique de la méthode galloise; mais personne n'a pu m'indiquer à quelle époque il a été introduit dans la pratique des ateliers.

Je décrirai en détail, aux §§ 3 et 4, ce mode ingénieux de combustion des combustibles secs pulvérulents, et me bornerai à insister ici sur la nature et le prix des divers combustibles consommés.

Anthracites menus; composition chimique; origine et prix.

Les combustibles qu'on peut considérer comme la base du traitement métallurgique sont des anthracites menus dont les élémentsne subissent, par l'action brusque de la chaleur, aucune agglutination. Ils forment le résidu non exportable de ces célèbres charbons que le pays de Galles expédie maintenant au dehors en si grandes quantités, et qui entre autres destinations, alimentent, concurremment, avec les houilles de Newcastle, la navigation à vapeur de toutes les mers du globe. Considérés indépendamment des matières terreuses, ils rendent par la calcination en vase clos de 0,80 à 0,85 de carbone fixe. Plus mélangés de matières terreuses que ne le sont les anthracites en morceaux, ils n'en tiennent cependant qu'une proportion modérée, comprise ordinairement entre 0,05 et 0,10. Les résultats suivants donnent la composition chimique de cinq variétés employées simultanément, et souvent après mélange partiel, dans l'une des principales fonderies de la rivière de Swansea : les matières d'essai sur lesquelles j'ai opéré ont été prises avec grand soin sur des tas considérables de combustibles provenant de cinq couches différentes :

DÉSIGNATION des variétés.	CARBONE fixe obtenu par distillation de 1.000 de combustible supposé exempt de cendres.	RÉSULTATS DE LA DISTILLATION pour 1.000 de combustible.			
		Matières fixes.			Matières gazéifiées.
		Carbone.	Cendres.	Total.	
Première variété. . .	0,800	0,742	0,073	0,815	0,185
Deuxième variété. .	0,801	0,685	0,145	0,830	0,170
Troisième variété. .	0,804	0,765	0,049	0,814	0,186
Quatrième variété. .	0,842	0,800	0,050	0,850	0,150
Cinquième variété. .	0,853	0,813	0,047	0,860	0,140
Moyenne. . .	0,820	0,761	0,073	0,834	0,166

La nature des cendres joue, comme on le verra, un rôle essentiel dans l'emploi du combustible : c'est surtout par ce motif qu'on associe presque toujours un certain nombre de variétés dans des proportions qu'une observation attentive vient sans cesse révéler aux chauffeurs; je signalerai plus loin (§ 3, p. 122) les conditions que ces matières doivent remplir.

Les fonderies galloises, consommant des quantités fort considérables d'anthracite menu, doivent faire leur approvisionnement dans un rayon assez considérable, et qui s'étend parfois jusqu'à 12 kilomètres : pour les distances qui excèdent 3 kilomètres, le combustible est toujours amené par une voie de communication économique (chemin de fer ou canal) qui occupe le fond de la vallée. Les fonderies voisines de Swansea sont placées sous ce rapport dans la plus heureuse situation. La plupart occupent tout le terrain compris entre la rivière qui amène les minerais et un canal

tracé de 8 à 10 mètres au-dessus du niveau de celle-ci et qui amène les combustibles : le prix de l'anthracite menu, rendu en bateau au quai de la fonderie sur le canal même, est moyennement de $4^{shil.}$,3. A ces prix, viennent se joindre les frais du transport immédiat aux fourneaux ou aux dépôts de l'usine. Ce service est accompli par des ouvriers spéciaux payés tantôt à la journée, tantôt à prix fait : dans le dernier cas, le contrat est ordinairement établi en vue d'une journée de 3 shillings; le débat porte sur le nombre d'ouvriers qui doit être employé pour transporter tout le combustible nécessaire à des fourneaux désignés d'avance. Le service des canaux ayant rarement à souffrir, sous le climat du pays de Galles, des gelées ou des sécheresses, on se dispense de faire de grands approvisionnements qui absorberaient une place fort précieuse dans des conditions industrielles aussi favorables. Sauf le maintien de quelques grands dépôts destinés à parer à une interruption imprévue des arrivages, les rouleurs transportent directement à des dépôts partiels voisins des fourneaux, ou près de la grille de chaque fourneau, le combustible nécessaire à la consommation journalière : chacun de ces rouleurs fournit, année moyenne, 305 jours de travail; dans une fonderie où la pente est toujours favorable au transport, et où la distance moyenne parcourue du quai aux dépôts intérieurs est de 150 mètres environ, le salaire de ces ouvriers ajoute à peu près $0^{shil.}$,20 au prix de revient du combustible. Le prix total se compose en définitive des éléments indiqués ci-après :

	shil.
Prix de vente sur la mine.	3,61
Transport au canal, à une distance moyenne de 2 kilomètres, par un chemin de fer, au moyen de chevaux.	0,20
Transport sur le canal, à une distance moyenne de 7 kilomètres, par des bateaux de 20 tonneaux tirés par un cheval.	0,49
Transport du quai de l'usine aux fourneaux, sur des brouettes chargées de 102 kilogrammes. .	0,20
Total. . . .	4,50

Anthracites de qualité inférieure pour les fours de grillage.

Les fourneaux de grillage, où s'exécutent les opérations I et II, exigent une température beaucoup moins élevée que celle qu'il faut nécessairement produire dans les huit autres opérations. On y passe en général une qualité d'anthracite moins pure, qui ne se vend sur la mine que 3shil.,28, et qui ne revient aux dépôts intérieurs de la fonderie qu'à 4shil.,17. L'essai de cinq variétés d'anthracite menu de cette sorte, provenant de cinq couches ou mines différentes et mélangées par portions égales, a donné :

Carbone fixe.	0,723	0,851
Cendres.	0,128	
Matières gazéifiables.		0,149
		1,000

Houille collante menue, associée aux anthracites. Composition ; origine et prix.

Pour rendre plus facile le travail des chauffeurs, on associe ordinairement à l'anthracite menu une proportion de houille collante, menue ou mélangée d'un peu de gros, comprise entre 0,25 et 0,30 de la charge totale. Ce combustible est souvent exploité au voisinage des anthracites. Dans le district de Swansea, les houilles collantes sont extraites plus particulièrement à proximité des usines. Pour éviter les frais de transbordement, qui sont tou-

jours relativement considérables pour de faibles distances, les fonderies de la rivière de Swansea reçoivent ordinairement cette sorte de houille au moyen de charrettes qui, après avoir parcouru une distance moyenne de 2 kilomètres, viennent déposer leur charge près des fourneaux. L'une des conditions du bon établissement des usines dans ce district est que les grilles de tous les fourneaux soient ainsi facilement accessibles aux charrettes (Voir *Pl.* III, *fig.* 4). Le prix de revient de la houille collante est de 6 shillings, et se compose comme suit :

Achat sur la mine.	5,37
Transport par charretage à 2 kilom. .	0,54
Péage aux barrières.	0,09
	6,00

La houille grasse employée dans l'une des principales fonderies de Swansea, *rend par la carbonisation rapide en vase clos, et abstraction faite* des cendres, 0,674 de carbone; l'essai de cette houille a donné:

Carbone fixe.	0,663	0,680
Cendres.	0,017	
Matières gazéifiables.		0,320
		1,000

Diverses matières combustibles sont employées comme réactifs pour cette dernière manipulation de l'affinage dans laquelle le cuivre est amené à l'état malléable. La tendance qui porte les métallurgistes anglais à remplacer, partout où cela est possible, le bois et le charbon par les combustibles minéraux, s'est encore exercée avec succès dans cette subdivision de la méthode galloise. Dès l'année 1842, l'une des principales usines de

Réactifs charbonneux; anthracite de choix; charbon de bois; bois.

Swansea avait substitué au charbon de bois un anthracite d'une nature toute particulière. Ce combustible, nommé par les ouvriers *stonecoal*, est employé en morceaux d'un bel éclat, à cassure conchoïde, résistant bien au choc, ne tenant qu'une faible quantité de matière terreuse et absolument exempts de pyrite de fer. Deux échantillons pris dans deux tas différents, mais provenant de la même mine, ont donné à l'essai :

	1er échant.	2e échant.
Carbone fixe.	0,896	0,892
Cendres (silice et alumine).	0,014	0,018
Matières volatiles.	0,090	0,090
	1,000	1,000
Carbone fixe (abstraction des cendres).	0,909	0,908

Ce combustible de choix provient de la partie supérieure de la vallée de Swansea, de mines situées à 25 kilomètres des usines; il revient au lieu de destination à 12 shillings par tonne. Il n'intervient, comme on le verra (§ 12), dans le traitement métallurgique, que dans une proportion peu considérable. Il y a lieu de présumer que la difficulté de rencontrer un combustible minéral absolument exempt de pyrites et la faible dépense de charbon de bois exigée par le raffinage, pourront maintenir assez longtemps encore dans les fonderies l'emploi de ce dernier agent. J'ai d'ailleurs constaté que dans les fonderies mêmes où l'anthracite est le plus employé, on regarde encore le charbon de bois comme indispensable pour la production des cuivres de première qualité. Le prix d'une tonne de charbon de bois est ordinairement compris entre 50 et 70 shillings.

Le bois vert, sous forme de perches ayant de 5 à 7 mètres de longueur et 0m,08 à 0m,10 de diamètre au gros bout, est la seule matière combustible pour laquelle la méthode galloise dépende encore aujourd'hui du règne végétal (voir § 12). Rendu aux fonderies, ce bois revient environ à 30 shillings la tonne. J'ai trouvé dans un fragment de bois de frêne (*fraxinus excelsior*, Lin.) pris au moment de l'emploi, soigneusement pesé sur place, puis desséché artificiellement dans le laboratoire :

Ligneux.	**0,58**
Eau hygrométrique.	**0,42**

Transport intérieur des combustibles et des résidus de la combustion.

Les voitures qui amènent directement la houille et les *rouleurs* qui transportent l'anthracite aux divers dépôts intérieurs de l'usine ne peuvent se prêter complétement au détail de l'alimentation des fourneaux. Il existe en conséquence, dans la fonderie, un service particulier ayant pour objet de faire le mélange qui convient à chaque four et de l'approcher assez près de celui-ci pour que le chauffeur puisse, avec la moindre dépense possible de force, prendre le combustible à la pelle et le jeter sur la grille. Ce travail est confié à de jeunes garçons de dix à quatorze ans qui débutent ordinairement de cette manière dans les travaux de fonderie. Ils sont en outre chargés de ramasser les débris qui tombent au-dessous des grilles; de les élever au moyen de sébiles au niveau du sol, d'une profondeur moyenne de 1m,40; de trier les particules charbonneuses et de les porter aux fours de grillage qui leur sont désignés; enfin de transporter, à la brouette, les résidus jusqu'aux haldes où se déposent les produits inutiles

de la fonderie. La quantité de travail que réclame chaque fourneau sous ces divers rapports, est en raison de la quantité de combustible qui s'y brûle en 24 heures et de la distance aux haldes : ordinairement un enfant est attaché au service de chacun des fourneaux de fusion où se font les opérations II et IV à X. Le service des fourneaux de grillage I et III, où se consomme beaucoup moins de combustible, est ordinairement attribué aux ouvriers spéciaux qui sont chargés du grillage même. Comme résultat moyen, on peut admettre que le transport journalier de trois tonnes de combustible aux fourneaux de fusion et les opérations qui y sont relatives exigent le travail d'un enfant. Son salaire est établi de manière à encourager le triage des résidus : on lui accorde comme indemnité 1shill.,20 par tonne de charbon trié; il peut retirer moyennement 0t,008 de charbon des escarbilles provenant de trois tonnes de combustible. Le salaire journalier total de la plupart des enfants employés à ce service monte à 0shill.,85.

En résumé, le roulage intérieur d'une tonne de combustible et les opérations accessoires de ce même service absorbent 0j.,333 coûtant 0shill.,283.

Catégories d'ouvriers employés dans les fonderies galloises; salaires moyens.

Le travail humain intervient plus en général dans la méthode galloise que dans les méthodes de fusion employées sur le continent européen. Beaucoup d'opérations telles que le grillage, les réductions, la séparation mutuelle des produits utiles et des matières nuisibles, etc., qui, dans ces dernières, se font par la seule intervention des réactifs et des agents naturels mis en présence des matières à élaborer, se pratiquent ici par un travail intelligent et soutenu. Cependant les ouvriers

métallurgistes de la Grande-Bretagne possèdent à un si haut degré la force musculaire qu'exigent de grands efforts mécaniques à exercer sous l'influence de hautes températures et de gaz délétères; ils apportent si régulièrement au travail l'assiduité et la faculté d'attention indispensables à la direction des phénomènes qui s'accomplissent sous leur direction; enfin tel est l'avantage qui résulte pour chaque fonderie de l'élaboration régulière d'une grande masse de minerais, que le nombre de journées absorbé par un travail déterminé, n'est pas plus grand que dans beaucoup de fonderies du continent moins bien approvisionnées de minerais, et surtout où la population ouvrière ne possède pas les mêmes qualités. Les détails circonstanciés que je présenterai sur les éléments du prix d'élaboration des minerais (§ 3 à 12), mettront cette conclusion dans tout son jour.

La population tout entière trouve de l'emploi dans les fonderies galloises. Les garçons de 10 à 14 ans exécutent des travaux qui n'exigent ni une attention soutenue, ni un grand développement de force; ils reprennent, comme je l'ai déjà indiqué, au-dessous des foyers, les matières scoriacées et pulvérulentes qui s'y déposent, les élèvent au niveau du sol, et font tous les travaux de triage et de transport qu'exigent ces matières; ils transportent près des chauffes de ces mêmes fourneaux, en les prenant aux dépôts provisoires, les combustibles qui ne sont pas directement apportés par d'autres ouvriers. Les garçons de 14 à 17 ans sont chargés de certaines opérations qui n'exigent point le développement complet de la force humaine, pour lesquelles il faut du soin et de l'assiduité, mais où l'absence de ces qualités peut être facilement

décelée par la surveillance des contre-maîtres ; les travaux de grillage sont particulièrement dans ce cas. Les garçons de 17 à 19 ans, les filles et les femmes de 20 à 40 ans, sont spécialement chargés du transport intérieur des minerais et des produits métallurgiques intermédiaires, travaux qui se doivent faire avec précision et surtout avec rapidité, afin que les ateliers essentiels de l'usine soient encombrés le moins longtemps possible par la présence des rouleurs. Les femmes sont plus particulièrement chargées du transport extérieur des minerais, depuis le dépôt de l'usine jusqu'aux ateliers de première élaboration. Enfin les hommes faits, de 19 à 55 ans, exécutent les opérations fondamentales, fusions et affinages, qui exigent à la fois un grand développement de force et l'aptitude spéciale que l'expérience seule peut donner. Les directeurs d'usines apportent une grande attention à ne confier qu'à des hommes éprouvés les opérations dont le succès dépend essentiellement de l'habileté de main, ou de la justesse du coup d'œil, et surtout celles où aucun contrôle ne saurait suppléer chez l'ouvrier au sentiment du devoir. J'indiquerai plus loin, dans le détail des opérations (§§ 3 à 12), les salaires attribués à chaque fonction. Je me bornerai à dire ici que les principales catégories d'ouvriers signalées ci-dessus reçoivent par semaine des salaires compris entre les termes suivants :

	shil.
Garçons de 10 à 14 ans.	4 à 5
Garçons de 14 à 17 ans.	5 à 10
Filles et femmes de 20 à 40 ans.	10 à 11
Garçons de 17 à 19 ans.	10 à 12
Ouvriers ordinaires de 19 à 55 ans.	12 à 25
Ouvriers de choix pour la force et l'habileté. .	25 à 30

Ces salaires sont généralement moins élevés que ceux qui sont accordés, pour des conditions analogues, dans les districts métallurgiques du centre de la Grande-Bretagne. Cette circonstance liée intimement au moindre prix des subsistances tient surtout à deux causes : la proximité de la mer qui fournit à bas prix de bons aliments; les facilités toutes spéciales qu'offrent à l'approvisionnement du pays de Galles les navires qui, exportant des combustibles en Irlande et dans les comtés agricoles du sud-ouest de la Grande-Bretagne, ramènent, comme cargaisons de retour, une grande variété de produits agricoles.

Chevaux employés dans les fonderies; frais d'entretien ou de location.

Le travail des chevaux n'intervient que fort peu dans les fonderies galloises : les transports *extérieurs s'exécutent* en général, comme on l'a dit ci-dessus, au moyen des voies navigables; les *transports intérieurs*, tous faits à de petites distances et dans des ateliers très-resserrés, s'exécutent de préférence au moyen des hommes; on n'a guère recours aux chevaux que pour le transport des combustibles provenant des mines contiguës aux fonderies et pour certains approvisionnements, fers, métaux, cuirs, bois, outils, achetés pour la plupart à des dépôts situés dans le voisinage. Les fonderies n'entretiennent jamais, pour ces services accessoires, qu'un petit nombre de chevaux : souvent même elles traitent de gré à gré avec des propriétaires de chevaux, lorsque le besoin de tels transports se fait sentir. Certaines usines se soustraient complétement par ce moyen à la nécessité d'entretenir une écurie. Un cheval attelé tire environ une tonne sur les chaussées ordinaires du pays; il parcourt avec cette charge

environ 2 milles et demi, ou 4 kilomètres à l'heure. En une journée de travail, soit 8 heures de travail effectif, il peut transporter cette charge à 32 kilomètres, ou seulement à 16 kilomètres, si le retour doit avoir lieu dans la même journée. Une telle journée de travail, le salaire du conducteur et le péage sur la route étant au compte du loueur, se paie moyennement 5 shillings. Le péage, pour une tonne de matières communes, pour la houille, par exemple, et pour le trajet qu'un cheval chargé peut faire en un jour, monte en moyenne à 0[shil.],66. Le prix total de location, pour une journée de travail d'un cheval attelé, se décompose donc à peu près comme suit :

	shil.
Location du cheval.	3,30
Ferrage, entretien de la charrette. . . .	0,20
Péage sur les routes.	0,66
Salaire du conducteur.	0,84
Total.	5,00

§ 2. *Ensemble de la méthode galloise; caractères distinctifs; dix opérations principales.*

Principe fondamental du traitement de tous les minerais de cuivre sulfurés.

Considérée dans son principe fondamental, la méthode galloise est au fond identique avec celles qui sont suivies, à deux ou trois exceptions près, dans tous les autres groupes métallurgiques de l'Europe. Tous les minerais, quelle qu'en soit la nature, sont passés dans un lit de fusion tenant une proportion de sulfures de cuivre et de fer assez considérable pour que la totalité du cuivre se concentre dans un sulfure double, nommé *matte*; celle-ci, à raison de sa fluidité et de sa pesanteur spécifique considérable, se sépare aisément sous l'influence de la haute température des fourneaux

où elle se produit, de la scorie, plus pâteuse et surtout plus légère, où se réunissent les matières terreuses et les autres éléments fixes du lit de fusion. La scorie est toujours rejetée. La matte, qui peut être considérée comme un minerai enrichi, entièrement exempt de gangues terreuses, où le cuivre est combiné au soufre et à une proportion plus ou moins grande de sulfure ferreux, est ultérieurement soumise à deux séries de manipulations, qui dans le cas le plus simple se réduisent à deux opérations. La première opération est un *grillage*, où sous l'influence de l'oxygène atmosphérique et d'une température élevée, on gazéifie la majeure partie du soufre à l'état d'acide sulfureux, en amenant à l'état de peroxyde les deux métaux de la combinaison détruite; la seconde est une *fonte*, où sous l'influence d'une très-haute température, de certains agents réductifs et de la silice, on porte le cuivre à l'état métallique, et l'oxyde de fer à l'état de silicate, deux corps également fluides, mais qui, à raison de leur densité très-inégale, se séparent très-nettement l'un de l'autre, le silicate ferreux ou la scorie occupant toujours la partie supérieure (1).

Le cuivre ainsi obtenu au contact du silicate ferreux et d'une certaine quantité de matte régénérée, retient ordinairement une certaine proportion de fer et de soufre, et se trouve, par ce

(1) Je suis heureux de rappeler ici que cette théorie désormais classique du traitement des minerais de cuivre sulfurés, et surtout l'explication du rôle essentiel qu'y joue la silice, sont dues à M. Gueneyveau, inspecteur général des mines, mon maître et mon prédécesseur dans la chaire de métallurgie de l'École des mines de Paris. (Voir Journal des mines, t. XX, p. 245.)

motif, impropre à la plupart des usages ordinaires de ce métal. Ce produit impur, appelé *cuivre noir*, pour être amené à l'état de *cuivre marchand*, est soumis à une dernière opération nommée *affinage*, dans laquelle, sous l'influence de la chaleur, de l'oxygène atmosphérique et de la silice, les dernières traces de matières étrangères sont séparées, savoir : le soufre à l'état d'acide sulfureux, le fer à l'état de silicate.

Le traitement des minerais de cuivre sulfurés comprend donc quatre opérations fondamentales : A, la fonte où se produit la matte et où se séparent les matières terreuses; B, le grillage de la matte; C, la fonte de la matte grillée pour cuivre noir; D, l'affinage du cuivre noir. Mais, dans l'application qui est faite en chaque localité de cette formule assez simple, il s'introduit de nombreuses modifications dues à l'extrême diversité des minerais. Cette variation presque infinie de méthodes dérivant toutes, avec des nuances bien senties des ouvriers mais souvent inappréciables pour l'observateur, de principes simples et uniformes, est à mon avis le caractère essentiel de toutes les branches de la métallurgie; elle explique l'insuccès qui a presque toujours suivi les tentatives faites pour transporter de toutes pièces, d'une contrée à l'autre, une méthode métallurgique.

Complications locales résultant de la diversité des minerais.

Parmi les circonstances qui tendent à compliquer la formule précédente, je dois surtout signaler les suivantes, toutes liées à la composition des minerais qu'il s'agit de traiter.

Si la gangue du minerai est essentiellement composée de pyrite de fer, on tenterait vainement de l'enrichir en la soumettant directement à la

fonte A, puisque tous les éléments se réuniraient en une matte qui aurait à peu près la même composition que le minerai lui-même. Il convient évidemment, dans ce cas, d'effectuer sur le minerai une opération analogue au grillage B, dans laquelle on sépare toute la portion de soufre et de fer qui n'est point utile à la formation d'une bonne matte. Cette opération préparatoire peut se nommer en général : *a. grillage du minerai.*

Le minerai convenablement grillé en *a* est entièrement dans le cas d'un minerai brut qui, tenant la proportion de sulfure de fer que réclame la fonte A, aurait pour gangue de l'oxyde de fer; pour faire passer ce dernier dans les scories, il suffira d'ajouter au lit de fusion un fondant siliceux. Il est clair d'ailleurs que si l'on dispose d'un minerai à *gangue siliceuse* tenant le cuivre, le soufre et le fer dans la proportion propre à la matte de la fonte A, on trouvera plus d'avantage à associer ce minerai brut au minerai grillé *a* qu'à passer dans le lit de fusion une matière entièrement stérile. On pourra encore tirer dans la fonte A un parti avantageux de minerais très-siliceux et par conséquent pauvres en cuivre, où ce métal se trouverait engagé dans des combinaisons oxydées (oxydule, oxyde noir, carbonate vert et bleu, silicate, *etc.*); il faut dans ce cas laisser dans le minerai grillé *a*, non-seulement la quantité de sulfure de fer nécessaire pour former la matte A avec le cuivre contenu dans le minerai, mais encore celle qui est nécessaire pour amener au degré voulu de sulfuration le cuivre du minerai oxydé. On peut encore conduire le grillage comme si le minerai grillé *a* devait être fondu seul, et mêler au minerai oxydé un minerai pyriteux brut con-

tenant l'excès de sulfure de fer convenable pour saturer le cuivre des deux minerais bruts, et pour produire la combinaison moyenne qui constitue la matte A.

Si, indépendamment des minerais précédents, on dispose de minerais oxydés très-riches, à gangue de quartz, on ne pourrait les passer dans la fonte A sans enrichir la matte plus qu'il ne convient. On tire parti de cette sorte de minerais en les passant dans la fonte C avec la matte grillée. Ce sont en effet des substances cuivreuses de même nature contenant une grande proportion de cuivre oxydé mélangé, dans le minerai, à du quartz et, dans la matte grillée, à de l'oxyde de fer; leur association dans cette fonte est d'autant plus convenable que ces deux matières stériles se servent réciproquement de fondant.

Ces exemples suffisent pour faire comprendre comment la possession de minerais de composition et de teneur très-variées conduit à modifier dans ses diverses applications la formule fondamentale du traitement des minerais de cuivre. Une autre cause essentielle de complication dérive de la présence de certaines matières nuisibles associées à beaucoup de minerais et qu'il faut chasser soit en les gazéifiant, soit en les faisant passer dans les scories, sous peine de produire des cuivres de mauvaise qualité. Parmi ces substances il faut citer l'arsenic, l'antimoine, le nickel, le cobalt, l'étain et vraisemblablement plusieurs autres substances dont l'influence nuisible n'a point encore été remarquée parce qu'elles se présentent ordinairement en moindre quantité, et se séparent sous les mêmes influences que ces dernières. Ces matières nuisibles tendent à se séparer des pro-

duits cuivreux dans les opérations qui précèdent la fonte pour cuivre noir : l'arsenic et l'antimoine se gazéifient dans les grillages soit directement, soit surtout après avoir été convertis en combinaisons oxydées; les métaux tels que le nickel, le cobalt, etc., se séparent, par l'influence combinée des grillages et des fontes qui transforment de préférence ces corps, plus oxydables que le cuivre, en oxydes et en silicates. Mais ces sortes de réactions ne se produisent jamais d'une manière complète. Ainsi, par exemple, dans les grillages, le sulfure d'arsenic, de même que les autres sulfures métalliques auxquels il est associé, n'est point atteint dans toutes ses parties par l'influence oxydante; l'arsenic de la portion attaquée n'est point lui-même amené en totalité à l'état d'acide arsénieux volatil; une certaine portion, passant sous l'influence des oxydes métalliques en présence, à un degré supérieur d'oxydation, reste à l'état d'arséniate dans le produit fixe du grillage. Dans la fonte qui suit ce grillage, le sulfure non attaqué se porte immédiatement dans la matte : l'arséniate est décomposé par l'influence de la silice qui tend à lui enlever la base métallique; l'acide mis en liberté se décompose en partie en oxygène et en acide arsénieux qui se dégagent; mais sous l'influence du soufre qui intervient toujours dans les fontes, une partie de l'arsenic passe à l'état de sulfure; celui-ci se gazéifie encore partiellement, mais une partie cependant se fixe dans la matte par suite de l'affinité des sulfures de cuivre et de fer qui se trouvent en présence; il se réunit donc de nouveau, après cette suite de transformations, au sulfure d'arsenic que le grillage n'avait point attaqué. Chaque grillage et chaque fonte chassent donc une partie

considérable de l'arsenic, mais laissent subsister dans le produit cuivreux une proportion notable de la quantité qui existait avant la double élaboration. Pour chasser en totalité l'arsenic contenu dans certains minerais, ou du moins pour n'en laisser dans le cuivre qu'une quantité insignifiante, il faut répéter plusieurs fois sur la matte les mêmes alternatives de grillage et de fusion, avant d'en extraire le cuivre noir. Il n'est pas rare d'observer des usines dans lesquelles on se trouve obligé pour atteindre ce but d'intercaler deux grillages et deux fontes entre les opérations fondamentales B et C signalées précédemment. Par des motifs analogues, ces opérations supplémentaires sont également indispensables quand on veut séparer complétement, du cuivre, les autres substances nuisibles.

Formule de traitement convenant à la plupart des minerais du continent européen.

Beaucoup d'autres motifs conduisent encore à modifier la formule générale du traitement des minerais de cuivre; mais en bornant cette analyse aux deux cas que j'ai choisis de préférence parce qu'ils sont les plus usuels, on voit que, pour fabriquer de bons cuivres avec des minerais de toutes teneurs et de toutes qualités, une fonderie doit pratiquer les neuf manipulations suivantes :

a. Grillage des minerais impurs, à gangue pyriteuse;

A. Fonte des minerais grillés *a*, avec les minerais bruts les plus pauvres et les moins purs; production de la première matte;

B. Grillage de la matte A;

b. Fonte de la matte grillée B, avec les minerais de teneur et de pureté moyennes; production de la deuxième matte;

c. Grillage de la matte *b*;

d. Fonte de la matte grillée *c* avec les minerais riches et purs; production de la troisième matte;

e. Grillage de la matte *d;*

C. Fonte de la matte grillée *e* avec les minerais très-riches et très-purs; production du cuivre noir;

D. Affinage du cuivre noir.

Cet exposé sommaire me paraît suffire pour rappeler les principes les plus usuels du traitement des minerais de cuivre; pour montrer les analogies qui rapprochent les méthodes du continent de la méthode galloise, et pour mettre en relief les traits qui sont plus particulièrement propres à cette dernière.

La méthode galloise s'applique au traitement de tous les minerais connus.

Ce qui caractérise essentiellement la méthode *galloise* est la facilité qu'elle offre pour l'élaboration rapide et sûre de tous les minerais ou produits cuivreux que peuvent offrir l'art des mines et l'industrie; aucune autre, à ma connaissance, ne se prête aussi bien au maintien d'un roulement régulier, en présence de variations brusques et inattendues dans la teneur en cuivre et la composition chimique des minerais.

Cette méthode, considérée dans ses moindres détails, n'est point identique dans toutes les usines : on y observe de légères variations soit dans les manipulations, soit dans les formes d'appareils, selon l'habileté qui préside à la direction des établissements, selon l'époque à laquelle le matériel des ateliers a été construit, selon la nature des minerais qu'on élabore de préférence, ou les qualités de produits qu'on s'applique surtout à fabri-

quer. Beaucoup d'appareils et de procédés spéciaux ont été essayés depuis une vingtaine d'années; souvent ils ont donné lieu à des jugements favorables que l'expérience n'a point confirmés; ils ont été pour la plupart abandonnés; quelques-uns n'ont été conservés dans certaines usines qu'à la faveur de conditions accidentelles, et n'ont pu se propager dans les autres établissements. Débarrassée de fait de la complication que de tels essais tendaient ordinairement à y introduire, la méthode galloise est beaucoup plus simple qu'on ne le pourrait croire en lisant seulement la description des brevets d'invention à l'aide desquels on a prétendu depuis cinquante ans perfectionner en Angleterre la fabrication du cuivre. Elle ferait cependant l'objet d'un très-gros volume, si l'on voulait décrire tous les faits que présentent aujourd'hui les huit groupes d'usines galloises, avec les détails que pourraient désirer les personnes qui auraient à reproduire ailleurs les mêmes procédés. J'ai pensé qu'il serait superflu de donner un tel développement à mon travail, et que le meilleur plan à suivre consisterait à offrir la description complète et détaillée d'une seule usine, où seraient employées toutes les opérations essentielles de la méthode galloise, avec leurs nuances les plus récentes et les plus parfaites, avec les détails de localité les plus usuels du pays de Galles, pratiquant en un mot ce qu'on pourrait appeler la *méthode-type* de ce pays. Il m'a paru qu'une seule étude, ainsi coordonnée dans tous ses détails, serait préférable à l'énumération d'une foule de faits isolés, et qu'un métallurgiste exercé y trouverait, plus aisément que dans ces derniers, le principe des modifications que la méthode doit recevoir

dans toutes les conditions locales qui se peuvent présenter.

Considérée de ce point de vue, la méthode galloise me paraît comprendre dix opérations fondamentales que je vais d'abord désigner par les noms français qui semblent le mieux les caractériser, puis par les noms usités dans la localité. En regard des numéros qui rappellent l'ordre dans lequel je me propose de les décrire, j'ai reproduit les lettres d'ordre de l'analyse précédente, pour établir un rapprochement sommaire entre ces opérations et celles qui sont usuellement pratiquées dans la plupart des usines à cuivre du continent. **Définition des dix opérations fondamentales de la méthode galloise.**

I — *a* — Grillage des minerais sulfurés (pauvres et de richesse moyenne), à gangue de pyrite de fer. — *Calcination of the ores.*

II — A — Fabrication de la matte bronze, ou fonte des minerais pauvres (bruts et grillés). — *Melting for coarse metal.*

III — B — Grillage de la matte bronze. — *Calcination of coarse metal.*

IV — *d* — Fabrication de la matte blanche ordinaire, ou fonte de la matte bronze grillée avec les minerais riches. — *Melting for white metal.*

V — *b* — Fabrication de la matte bleue, ou fonte de la matte bronze grillée avec les minerais grillés de richesse moyenne. — *Melting for blue metal.*

VI — *c* — Fabrication des mattes blanche et rouge (de scories), ou refonte des scories des opérations riches IV, VII et VIII. — *Remelting of slags.*

VII — *cd* — Fabrication de la matte blanche-extra, ou rôtissage de la matte bleue V. — *Roasting of white metal.*

VIII — *ed'* — Fabrication des mattes-régules, ou rôtissage de la matte blanche-extra. — *Roasting for regule.*

IX — *e'C* — Fabrication du cuivre brut, ou rôtissage de la matte blanche ordinaire, des mattes-régules et des fonds cuivreux. — *Roasting.*

X — D — Raffinage du cuivre brut et production du cuivre malléable. — *Refining and toughening.*

Quatre de ces dix opérations sont spéciales à la méthode galloise.

Cet emploi de lettres d'ordre caractérisant des manipulations dont le but a été suffisamment défini, fait comprendre au premier aperçu que des dix opérations de la méthode galloise, six seulement correspondent exactement à autant d'opérations des méthodes les plus usuelles du continent. Mais chacune des trois opérations désignées sous le nom générique de *rôtissage* (*roasting*) offre la réunion d'un grillage et d'une fonte. Cette intime association de deux opérations, exécutées partout ailleurs séparément et dans deux appareils différents, est un fait entièrement spécial à la méthode galloise. Une dixième opération, désignée sous le n° VI, la refonte des scories riches de plusieurs autres opérations, n'a point d'analogue parmi les opérations pratiquées dans les usines à cuivre du continent : elle a deux objets principaux. Elle permet, en premier lieu, de tirer parti de scories qu'on est obligé de produire avec une forte teneur en cuivre ; la possibilité d'extraire avec profit le cuivre qui y est contenu a encore pour avantage indirect de dispenser le métallurgiste des soins qu'il faudrait apporter aux opérations où ces scories se produisent, pour diminuer autant que possible la quantité de cuivre qui y est laissée. Le second objet de cette opération, et c'est

de beaucoup le plus important, est de préparer, avec des scories provenant du traitement de toute espèce de minerais, une qualité de cuivre bien supérieure à celle qu'on peut obtenir, même de minerais choisis, dans les autres opérations. Le cuivre de la refonte des scories, désigné dans les prix courants anglais sous le nom de *best selected*, est toujours coté à 100 shillings par tonne au-dessus du prix des qualités inférieures. Je mettrai en évidence dans le § 8, consacré à la description de l'opération VI, les causes de cette remarquable particularité.

Cette définition sommaire de la méthode galloise me paraît suffire pour mettre le lecteur à même de suivre la description spéciale de chacune des opérations dont elle se compose; elle me permet également de présenter ici, sur la classification métallurgique des minerais traités dans le pays de Galles, des détails qui ne pouvaient trouver place dans le précédent paragraphe.

Division des minerais en sept classes, d'après la nature des opérations où ils sont fondus.

Les minerais et les produits cuivreux sont introduits dans le roulement de la méthode galloise par les cinq opérations désignées sous les numéros d'ordre I, II, IV, VI et IX. Ils se subdivisent d'après leur nature, leur teneur en cuivre et la destination qui leur est donnée, en sept classes principales : six de minerais proprement dits, une de produits cuivreux provenant de divers ateliers industriels.

La première classe comprend les minerais dont la teneur est ordinairement comprise entre 0,03 et 0,15, et qui, après avoir été soumis au grillage I, sont ensuite passés à la fonte II. Le minerai proprement dit se compose de cuivre pyriteux asso-

cié à une faible proportion d'espèces cuivreuses oxydées; les gangues contiennent, outre le quartz et diverses matières terreuses, une proportion très-considérable de pyrite de fer. A ces éléments se trouvent associés en proportion notable les matières nuisibles qui motivent spécialement la succession des dix opérations.

La deuxième classe comprend les minerais qui doivent être également soumis au grillage en I, et qui, après avoir subi cette opération, sont passés à la fonte V avec des matières déjà enrichies par le traitement métallurgique. Ces minerais sont à peu près composés comme ceux de la première classe, avec cette différence que la proportion des espèces cuivreuses, comparée à celle des gangues, y est plus considérable. Leur teneur en cuivre est habituellement comprise entre 0,15 et 0,25.

La troisième classe comprend tous les minerais qui sont passés à l'état brut, c'est-à-dire sans grillage préalable, dans la fonte II; ils s'y trouvent mélangés avec les minerais grillés de la première classe. Comparés à ces derniers, ils contiennent une plus grande proportion relative d'espèces cuivreuses oxydées; dans leur gangue essentiellement quartzeuse, ne se trouve qu'une faible quantité de pyrite de fer. La teneur est comprise entre 0,12 et 0,20.

Les minerais de la quatrième classe jouent aujourd'hui un rôle important dans l'ensemble du traitement; ils se composent principalement d'espèces cuivreuses oxydées (oxydule, oxyde noir, carbonate, etc.); ils contiennent en outre beaucoup de cuivre sulfuré avec une faible proportion de cuivre pyriteux, de cuivre panaché ou d'autres espèces voisines; la gangue composée surtout de

quartz et de fer oxydé est à peu près exempte de pyrite. La teneur moyenne totale de cette classe s'est maintenue dans ces dernières années, par suite de l'affluence des minerais importés des pays étrangers, entre 0,25 et 0,45.

La cinquième classe ne comprend qu'une faible quantité de minerais sulfurés passés dans la fonte VI, où ils servent d'agents de concentration au cuivre métallique provenant de la réduction de scories qui fait l'objet spécial de cette fonte. Ces minerais doivent remplir certaines conditions particulières : les matières sulfureuses qui les constituent essentiellement doivent être absolument exemptes de substances nuisibles, afin que leur addition n'altère en rien la qualité du cuivre de qualité supérieure que l'on s'attache à produire dans cette opération : les fondeurs soigneux n'admettent, en effet, pour cet usage, que les minerais provenant de certaines mines depuis longtemps connues pour la pureté de leurs produits. Dans les fontes que j'ai particulièrement observées, ces minerais étaient essentiellement composés de cuivre pyriteux, de pyrite de fer et de quartz; ils tenaient moyennement de 0,10 à 0,15 de cuivre métallique, et 0,18 à 0,24 de soufre.

La sixième classe se compose exclusivement de minerais riches exempts de sulfures ferreux et de substances nuisibles. Les espèces cuivreuses sont formées surtout de cuivre sulfuré ou de produits d'usines de même composition, importés du Chili et connus dans le pays de Galles sous le nom de *regules*; on y trouve aussi, mais en moindre quantité, l'oxydule, le cuivre natif et l'oxyde combiné à la silice et à l'acide carbonique. La gangue est principalement formée de quartz : la teneur

moyenne de ce minerai varie ordinairement de 0,60 à 0,80.

Les produits d'usines qui constituent la septième classe de matières cuivreuses comprennent tous les déchets dont on ne peut aisément tirer parti dans les ateliers où s'élabore le cuivre. Les substances ainsi traitées accidentellement sont fort variées ; les seules qui entrent constamment dans le roulement des fonderies galloises sont les battitures et les balayures des grands laminoirs établis dans le pays de Galles, où se fabriquent d'immenses quantités de cuivre en feuilles pour la consommation du Royaume-Uni et des pays étrangers; l'ensemble de ces produits se compose d'oxydes de cuivre mélangés d'une faible proportion de particules quartzeuses. Les matières de cette classe que j'ai vu traiter usuellement tenaient 0,75 de métal; elles étaient passées dans la fonte IV.

Proportions relatives et teneurs moyennes des 7 classes de minerais.

Il s'en faut de beaucoup que les fondeurs puissent obtenir, dans des proportions constantes, les minerais de chaque classe. Ces proportions changent considérablement, même dans le cours d'une seule année; elles ont surtout varié depuis vingt ans, par suite des modifications dues au commerce des minerais étrangers. Toute variation dans l'approvisionnement des minerais d'une certaine classe entraîne nécessairement des modifications correspondantes dans l'opération où ces minerais sont traités. Par opposition à ce qui arrive dans les fonderies alimentées par un petit nombre de gîtes minéraux, il n'y a rien de constant dans les fonderies galloises, même d'une semaine à l'autre, dans l'importance relative des diverses opérations, dans le nombre de fourneaux consacrés à chacune d'elles

dans la quantité, la teneur en cuivre et la composition chimique des produits qu'elles fournissent.

Cependant, les recherches chimiques dont le détail est présenté dans les §§ 3 à 12, et les calculs dont il est question au § 13, m'ont permis d'arriver sous ces divers rapports, et spécialement en ce qui concerne la composition des minerais, à des résultats très-approchés d'une moyenne générale.

Ces résultats se rapportent à une grande fonderie dans laquelle on traite environ 47.000 tonnes de minerais chaque année en produisant 6.250 tonnes de cuivre marchand. Le tableau suivant indique les poids absolus et relatifs ainsi que la teneur en cuivre des sept classes de minerais qui y sont fondues chaque semaine.

Proportions relatives et teneurs moyennes des sept classes de minerais.

DÉSIGNATION des minerais.	POIDS relatifs.	POIDS TOTAL des minerais fondus en une semaine	TENEUR en cuivre pour 1,000 de minerai.
1re classe traitée en I et II.	0,790	720,1	0,098
2e — — I et V.	0,023	21,5	0,228
3e — — II.	0,085	77,6	0,182
4e — — IV.	0,081	73,5	0,385
5e — — VI.	0,011	10,0	0,120
6e — — IX.	0,008	7,4	0,662
7e — — IV.	0,002	2,0	0,750
Totaux et moyennes.	1,000	912,1	0,137

Les substances qui entrent dans la composition des minerais de cuivre se partagent, au point de vue

Composition chimique des sept classes de minerais.

des réactions métallurgiques, en trois groupes principaux : 1° la silice, les oxydes terreux et les silicates déjà formés, toutes substances qui, après diverses réactions, passent en totalité dans les scories; 2° les combinaisons sulfurées et oxydées qui recèlent tout le cuivre à extraire par le traitement, et dont les autres éléments passent dans les scories ou se dissipent à l'état gazeux; 3° enfin l'eau et l'acide carbonique qui sont immédiatement gazéifiés par la première impression de la chaleur, soit dans les grillages, soit dans les fontes. Les principaux éléments de la composition chimique pour chacun de ces trois groupes de substances et pour chacune des classes de minerais, sont indiqués dans le tableau suivant :

Composition chimique des sept classes de minerais.

DÉSIGNATION des minerais.	PRINCIPES CONSTITUANTS RÉUNIS EN TROIS GROUPES. 1er GROUPE. Silice et bases terreuses.				2e GROUPE. Sulfures et oxydes métalliques.					3e GROUPE.	POIDS total des minerais fondus en une semaine.
	Silice.	Alumine.	Chaux.	Magnésie.	Cuivre.	Fer.	Métaux divers.	Soufre.	Oxygène.	Acide carbonique et eau.	
1re classe. . . .	294,4	11,7	1,2	3,1	70,5	148,2	7,6	176,4	2,8	4,2	720,1
2e classe. . . .	5,4	0,2	0,1	»	4,9	4,7	»	5,9	0,1	0,2	21,5
3e classe. . . .	21,8	1,0	0,2	0,2	14,1	17,9	0,7	19,6	1,6	0,5	77,6
4e classe. . . .	23,0	»	1,1	0,4	28,3	8,8	0,1	4,5	6,2	1,1	73,5
5e classe. . . .	4,3	»	0,1	»	1,2	2,1	»	2,1	0,1	0,1	10,0
6e classe. . . .	1,4	»	»	»	4,9	»	»	0,8	0,2	0,1	7,4
7e classe. . . .	0,3	»	»	»	1,5	»	»	»	0,2	»	2,0
Totaux. .	350,6	12,9	2,7	3,7	125,4	181,7	8,4	209,3	11,2	6,2	912,1

Les tableaux suivants présentent à un autre point de vue le groupement des mêmes substances, et font connaître la composition minéralogique des minerais. Si l'on réfléchit que presque toutes les régions du globe fournissent leur tribut aux fonderies du pays de Galles, on comprendra que ces résultats offrent quelque intérêt pour l'étude géologique de notre planète, car ils sont la notion la plus précise qu'on ait pu se procurer jusqu'à ce jour touchant l'abondance relative des divers composés naturels du cuivre, dans la partie de la croûte terrestre accessible aux travaux de l'homme.

Composition minéralogique des sept classes de minerais.

DÉSIGNATION des éléments minéralogiques.	1re classe.	2e classe.	3e classe.	4e classe.	5e classe.	6e classe.	7e classe.	Totaux
1° *Proportions absolues.*								
Cuivre pyriteux.	194,2	13,4	33,5	3,0	3,4	»	»	247,5
— panaché ; mattes. .	»	»	0,6	4,0	»	»	»	4,6
— sulfuré.	»	»	»	9,6	»	3,9	»	13,5
— oxydé.	3,2	0,2	2,7	10,4	»	0,2	1,7	18,4
— oxydulé.	»	»	»	9,7	»	1,8	»	11,5
Total des minér. cuivreux.	197,4	13,6	36,8	36,7	3,4	5,9	1,7	295,5
Pyrite de fer	191,9	1,6	13,1	1,3	1,7	»	»	209,6
Sulfures divers.	8,7	»	0,7	»	»	»	»	9,4
Oxyde ferrique.	5,2	0,4	3,0	9,8	0,4	»	»	18,8
Oxydes divers	2,3	»	0,3	0.1	»	»	»	2,7
Quartz et silice.	294,4	5,4	21,8	23,0	4,3	1,4	0,3	350,6
Bases terreuses.	16,0	0,3	1,4	1,5	0,1	»	»	19,3
Eau et acide carbonique. .	4,2	0,2	0,5	1,1	0,1	0,1	»	6,2
Total des gangues.	522,7	7,9	40,8	36,8	6,6	1,5	0,3	616,6
Totaux généraux. .	720,1	21,5	77,6	73,5	10,0	7,4	2,0	912,1
2° *Proportions relatives.*								
Cuivre pyriteux.	0,213	0,014	0,037	0,003	0,004	»	»	0,271
— panaché ; mattes. .	»	»	0,001	0,004	»	»	»	0,005
— sulfuré	»	»	»	0,011	»	0,004	»	0,015
— oxydé.	0,004	0,000	0,003	0,011	»	0,000	0,002	0,020
— oxydulé.	»	»	»	0,011	»	0,002	»	0,013
Total des minér. cuivreux.	0,217	0,014	0,041	0,040	0,004	0,006	0,002	0,324
Pyrite de fer..	0,210	0,002	0,015	0,001	0,002	»	»	0,230
Sulfures divers.	0,009	»	0,001	»	»	»	»	0,010
Oxyde ferrique.	0,006	0,000	0,004	0,011	0,000	»	»	0,021
Oxydes divers..	0,002	»	0,000	0,000	»	»	»	0,002
Quartz et silice.	0,324	0,007	0,021	0,026	0,005	0,002	0,000	0,385
Bases terreuses.	0,017	0,000	0,002	0,002	0,000	»	»	0,021
Eau et acide carbonique. .	0,005	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	»	0,007
Total des gangues.	0,573	0,009	0,044	0,041	0,007	0,002	0,000	0,676
Totaux généraux. .	0,790	0,023	0,085	0,081	0,011	0,008	0,002	1,000
Cuivre contenu dans 1,000 de minerai.	0,098	0,228	0,182	0,385	0,120	0,662	0,750	0,137

Considérés sous le rapport de leur origine, les minerais traités dans le pays de Galles se distinguent, ainsi que je l'ai fait remarquer précédemment (§ 1er), en deux grandes catégories. La première comprend tous les minerais indigènes fournis surtout par les mines du Cornwall, du Devon, de l'Irlande, etc.; la seconde, tous les minerais importés des pays étrangers. Chacune des sept classes tire, au moins accidentellement, des minerais de ces deux origines; mais en général, par des causes qu'il est aisé de concevoir, les mines indigènes fournissent surtout les minerais pauvres, et les mines étrangères les minerais riches. Il n'existe que fort peu de gîtes dont les produits offrent naturellement, à la sortie de la mine, une haute teneur en métal: on soumet en général ces produits à une préparation *mécanique* ayant pour objet de concentrer la plus grande partie du métal dans un moindre poids de matières; l'avantage de ces préparations est de diminuer les frais de transport et souvent ceux du traitement métallurgique; leur inconvénient est d'entraîner de grandes pertes sur les matières cuivreuses, surtout quand on veut pousser l'enrichissement au delà d'un certain terme. La limite de l'enrichissement est déterminée dans chaque cas par un ensemble de considérations parmi lesquelles figure au premier rang la dépense du transport, et il est clair que cette limite doit être beaucoup moins reculée pour les minerais indigènes, qui n'ont à franchir que des distances de 200 à 300 kilomètres, que pour ceux de l'Australie, ou de la côte occidentale d'Amérique, qui ont à parcourir des distances égales à la moitié d'un grand cercle de la sphère terrestre. En résumé, les minerais indigènes, qui pour la plupart n'ont qu'une faible teneur, alimentent principalement la fonte II; tan-

Quantités relatives fournies à chacune des sept classes de minerais par les mines indigènes et étrangères.

dis que les fontes riches IV et V ne reçoivent guère que des minerais étrangers. On conçoit donc que la méthode galloise considérée dans le détail de ses opérations, a dû subir depuis vingt ans, époque des premières importations de minerais étrangers, et surtout pendant les dix dernières années, des modifications très-considérables.

Les listes de minerais vendus dans le Cornwall et à Swansea indiquent approximativement la quantité de cuivre extrait dans le pays de Galles de minerais soit indigènes, soit étrangers. Les ventes du Cornwall comprennent en effet à peu près la totalité des minerais produits par les mines de ce comté et de celui de Devon. Quant aux minerais vendus à Swansea, on peut compter que les 5/6 du cuivre contenu proviennent de minerais étrangers.

Le tableau suivant indique approximativement la proportion des minerais de chaque classe fournis chaque semaine, par ces deux grands marchés à la fonderie galloise prise pour type de cette description.

DÉSIGNATION des sept classes de minerais,	MINERAIS achetés dans le Cornwall.			MINERAIS achetés à Swansea.			TOTAL.		
	Poids.	Cuivre pour 1,000.	Cuivre total.	Poids.	Cuivre pour 1,000.	Cuivre total.	Poids.	Cuivre pour 1,000.	Cuiv[re] tota[l]
1re classe, min. à griller en 1 p. II.	549,9	0,082	45,0	170,2	0,150	25,5	720,1	0,098	70,
2e — — 1 p. V.	1,3	0,228	0,3	20,2	0,228	4,6	21,5	0,228	4
3e — brut pour II.	74,9	0,180	13,5	2,7	0,210	0,6	77,6	0,182	14
4e — — — IV.	3,0	0,320	1,0	70,5	0,387	27,3	73,5	0,385	28
5e — — — VI.	8,9	0,120	1,1	1,1	0,120	0,1	10,0	0,120	1
6e — — — IX.	0,2	0,500	0,1	7,2	0,667	4,8	7,4	0,662	4
7e — — — IV.	0,3	0,700	0,2	1,7	0,770	1,3	2,0	0,750	1
Totaux et moyennes. .	638,5	0,096	61,2	273,6	0,234	64,2	912,1	0,137	125

L'aperçu sommaire que je viens de tracer touchant les caractères distinctifs de la méthode galloise, et le classement métallurgique des minerais, permettra, je l'espère, au lecteur de suivre le détail des diverses manipulations sans perdre de vue le lien qui les unit. Le tableau des réactions métallurgiques inséré au § 13, et le tableau synoptique (*Pl. III, fig* 7) fournissent d'ailleurs un moyen facile de retrouver l'enchaînement des diverses opérations. Je puis donc aborder la partie principale de cet ouvrage, c'est-à-dire la description de chacune des dix opérations précédemment définies. Cette description fait l'objet des dix paragraphes suivants.

§ 3. — 1re OPÉRATION. — *Grillage des minerais sulfurés (pauvres et de richesse moyenne), à gangue de pyrite de fer.*

Les minerais où le cuivre existe à l'état de pyrite cuivreuse et dont la teneur est inférieure à 0,10 sont presque sans exception soumis à cette opération préliminaire, parce que la gangue contient alors beaucoup de pyrite de fer. C'est en effet la présence de cette substance qui empêche habituellement les mineurs d'amener, par une préparation mécanique, les minerais à une plus haute teneur en métal. Les matières nuisibles et surtout les combinaisons sulfurées arsenicales, telles que le mispickel, contribuent aussi à faire ranger dans la catégorie des minerais à griller, ceux qui, à raison d'une teneur moyenne assez élevée et de la rareté de la pyrite de fer, pourraient sans inconvénient être passés à l'état brut dans les lits de fusion. On a présenté d'ailleurs dans le précédent paragraphe tous les détails désirables

Nature des minerais soumis au grillage.

concernant la composition chimique moyenne des deux classes de minerais soumis à ce grillage. Les minerais pauvres de la première classe proviennent presque tous du Cornwall et de l'Irlande; les minerais plus riches de la seconde classe sont pour la plupart importés de l'île de Cuba.

Mélange des combustibles employés.

Le combustible servant au chauffage des fourneaux où s'effectue ce grillage, est entièrement menu et composé de 0,72 d'anthracite mêlé à 0,28 de houille : la composition moyenne et le prix de ces deux combustibles ont été indiqués, § 1er, pag. 81 à 84. Aux prix indiqués pour chacun des combustibles, ce mélange coûte à l'usine 4shil.,92 la tonne. Les fours de grillage reçoivent, outre le combustible neuf, une très-faible quantité de menues escarbilles qui tombent avec le mâchefer au-dessous des grilles, soit des fourneaux mêmes de grillage, soit de tous les fourneaux de fusion, de rôtissage et d'affinage. Par ce motif, les fours consacrés aux grillages des minerais et de la matte bronze (opération I et III), consomment effectivement un peu plus, et tous les autres fourneaux un peu moins qu'on ne le calculerait en tenant seulement compte des quantités de combustible neuf chargées sur les grilles. Cette circonstance est, au reste, trop peu importante pour qu'il y ait utilité d'en tenir compte dans le calcul des frais relatifs à chaque opération.

Transport intérieur des minerais à griller.

La première manipulation qu'exige le grillage des minerais, est le transport des minerais à griller depuis les dépôts adjacents au quai sur lequel débarquent tous les minerais, jusqu'aux trémies situées au-dessus de la voûte des fourneaux de grillage (*Pl. I, fig.* 3 et *Pl. III, fig.* 4 et 5). On

peut voir, dans la description du matériel de la fonderie (§ 17) que la distance verticale comprise entre les deux niveaux du dépôt et des trémies est franchie par les minerais, sous l'impulsion d'une machine à vapeur, au moyen d'un plan incliné; en sorte que le travail accompli par les ouvriers comprend, d'une part, le transport en brouettes des minerais depuis le lieu de dépôt jusqu'au bas du plan incliné; de l'autre, le transport de ces mêmes brouettes pleines depuis le haut du plan incliné jusqu'aux trémies; à l'un et l'autre niveau les rouleurs ont en outre à ramener les brouettes vides en sens inverse.

La quantité de travail à laquelle donne lieu ce premier transport intérieur est défini par les données suivantes. Les minerais de première et de deuxième classe, à transporter par semaine, en six jours de travail effectif, présentent un poids de 741',6. Le grillage de chaque charge dure exactement douze heures, y compris le temps du déchargement; on élabore donc, dans chaque four, deux charges en vingt-quatre heures de travail continu. Malgré cette continuité du grillage le transport des minerais peut être aisément accompli par un seul poste de rouleurs dans un travail de jour. Il suffit pour cela de fixer, à neuf ou onze heures, selon la saison de l'année, le moment de la charge. Un seul poste de jour peut alors aisément emplir de grand matin les trémies pour la charge de jour; puis recommencer immédiatement un autre emplissage pour la charge qui doit être faite douze heures plus tard. Les ouvriers préposés au transport ont donc à opérer chaque jour de travail, sur 123',6. Les distances à franchir sont les suivantes:

Distance horizontale moyenne des tas de dépôt au bas du plan incliné (roulage à la brouette). .		40^m
Longueur horizontale moyenne du plan incliné.	transport par machine à vapeur.	16^m
Hauteur verticale.		8^m
Distance horizontale moyenne du haut du plan incliné aux trémies (roulage à la brouette). . .		40^m

La brouette employée pour ces transports est, comme tout le matériel des usines galloises, parfaitement disposée pour épargner autant que possible le travail des ouvriers. Le centre de gravité de la brouette chargée et en mouvement passe toujours à peu de distance de l'axe de la roue. La charge ordinaire est de 3 quintaux, soit $0^t,15$: sept femmes de vingt à quarante ans font tout le service du roulage sur le plan inférieur; le roulage au plan supérieur et l'emplissage des trémies est confié à sept garçons de dix-sept à dix-neuf ans. Le prix accordé par tonne porte le taux de la journée de dix heures, savoir : à $1^{sh},75$ pour les femmes; à $1^{sh},83$ pour les garçons. Les conditions du prix fait par tonnes sont constantes dans chaque fonderie; le débat porte seulement sur le nombre de rouleurs qui doit être employé et qui varie avec le degré d'activité des ateliers. Dans l'usine type prise pour exemple, le nombre de 14 rouleurs est celui qui convient pour transporter en six jours de dix heures de travail, non-seulement les $741^t,6$ (1re et 2e classes) de minerais à griller; mais encore les $161^t,1$ (3e, 4e et 5e classes), passées à l'état brut dans les fontes II, IV et VI (voir § 17). Quant aux $9^t,4$ de produits et de minerais très-riches (6e et 7e classes), on les transporte directement aux fourneaux, sans l'aide du plan incliné, ainsi qu'il sera indiqué aux §§ 6 et 11. Les dix heures de travail sont parta-

gées ainsi qu'il suit entre les diverses catégories de minerais :

	t.		h.
Minerais à griller.	123,6	par jour. .	8 13'
Minerais à fondre bruts. . .	26,8	*id.* . . .	1 47'
	150,4		10 00

Dans ces conditions, chacune des rouleuses du plan inférieur emploie les six dixièmes de son temps au chargement des brouettes ou au repos ; les autres quatre dixièmes sont employés au roulage tant à plein qu'à vide, avec une vitesse moyenne de 1 mètre par seconde ou de 3600 mètres par heure. Sur le plan supérieur, les rouleurs consacrent au repos un peu plus de la moitié de leur temps et agissent avec une vitesse moyenne de 4000 mètres par heure.

On élève à la fois sur chaque plateau du plan incliné quatre brouettes pleines, soit $0^t,60$ de minerais. Les $123^t,6$ de minerais à griller sont élevés chaque jour en 206 voyages simples à raison de 2' 23", c'est-à-dire en 8^h 13', comme on l'a déjà indiqué ci-dessus. Sur le temps total, 30" seulement sont effectivement employées à élever le plateau chargé. Le travail utile de la machine dans le temps où elle agit est donc seulement $\frac{609,6 \times 8}{30 \times 75} = 2^{ch},16$; mais comme cette machine travaille à vide 1' 53" sur 2' 23", le travail utile qu'elle développe n'est réellement que $0^{ch},45$. La force de la machine à vapeur qui met en mouvement les plateaux du plan incliné est estimée à quatre chevaux. Son effet utile dans le moment où elle agit effectivement est donc 0,54 ; il se réduit à 0,11 pour l'ensemble de dix heures con-

sacrées au travail. Le cylindre de la machine a 0m,17 de diamètre; la vapeur agit à haute pression, avec détente, sans condensation. La chaudière consomme en 12 heures de chauffage correspondant à 10 heures de travail effectif, 0t,30 de houille; un seul machiniste, payé 4 shillings par jour, suffit pour alimenter la chauffe et pour régler, au moyen d'un levier, le jeu du plan incliné.

Dans ces conditions, le transport d'une tonne de minerais à griller depuis la place du dépôt jusqu'aux trémies donne lieu aux dépenses indiquées ci-après :

		j. sh.	sh.
Main-d'œuvre.	Roulage au plan inférieur. . .	0,046 à 1,75	0,081
	Roulage au plan supérieur. . .	0,046 à 1,83	0,084
	Conduite de la machine. . . .	0,007 à 4,00	0,028
		t.	
Matières.	Houille pour la machine.	0,002 à 6,00	0,012
	Entretien de la machine, des brouettes, du chemin de roulage, etc.		0,025
		Total.	0,230

Personnel employé; attributions; salaires. Chaque fourneau consacré au grillage des minerais est desservi par deux ouvriers, jeunes gens de 19 à 24 ans payés constamment 2sh,17 par charge. Chacun de ceux-ci fournit des postes de 24 heures et se repose pendant les 24 heures suivantes. On élabore dans chaque fourneau deux charges par jour, en sorte que le prix payé par charge correspond exactement au salaire journalier de chaque ouvrier.

Outre les manipulations qu'exige le grillage proprement dit, ces ouvriers ont à transporter une

partie du combustible des dépôts intérieurs voisins au fourneau, et le minerai grillé du fourneau aux places de dépôt *ii* (*Pl. III*, *fig.* 4) disposés de loin en loin, en contre-bas du sol, entre les fours de grillage. Ils ne peuvent complétement suffire, même dans les fonderies les mieux disposées, à ce dernier service : dans une fonderie où l'on grille par semaine 741^{t},6 de minerais, il faut leur adjoindre trois rouleurs de 15 à 17 ans, payés par jour 1$^{shil.}$,50.

Le service des ouvriers grilleurs comprend surtout la conduite du feu, le chargement du four, les manipulations exercées sur le minerai pendant le grillage et le déchargement : j'insisterai, dans ce qui va suivre, sur les détails les plus essentiels de ces travaux.

Détails généraux sur la méthode employée dans tous les fours gallois, pour brûler les anthracites menus.

La conduite du feu comprend d'abord un fait général commun à tous les fourneaux de la méthode galloise; puis certains faits spéciaux propres aux fourneaux de grillage.

Le fait général que je dois d'abord signaler est la disposition par laquelle les fondeurs gallois sont parvenus à brûler exclusivement des combustibles menus et surtout des charbons secs pulvérulents, qui, jusqu'alors, n'avaient pu trouver d'emploi dans les fourneaux à grille. J'ai déjà signalé (§ 1er, p. 79) la difficulté de ce problème et l'inutilité des tentatives faites jusqu'à ce jour sur le continent pour appliquer ces sortes de combustibles aux usages fondamentaux de la métallurgie, après une transformation préalable en gaz, dans les fourneaux à tuyères. La difficulté était encore plus grande pour les anthracites gallois, qui donnent peu de gaz combustibles à la distillation, que

pour les lignites qui ont été souvent soumis à ces essais dans le midi de l'Allemagne. Ces anthracites, en effet, par la combustion spontanée ordinaire sur les grilles, donnent une flamme à peine sensible, et seraient par conséquent impropres à chauffer ces immenses fours à réverbère, et particulièrement les fours de grillage (*Pl.* Ire, *fig.* 1 à 3) dans lesquels la flamme doit s'étendre jusqu'aux rampants de sortie, à 7 mètres du combustible qui la produit (*Pl.* Ire, *fig.* 2).

Emploi d'une grille formée de matières terreuses dites *craya*.

La découverte à la fois simple et ingénieuse des fondeurs gallois, consiste dans l'emploi d'une grille artificielle différant essentiellement des grilles ordinaires, et dans le mode suivi pour faire réagir l'air atmosphérique sur le combustible. La grille de chaque four est formée de matières terreuses fournies par le combustible lui-même. Les fondeurs gallois désignent cette matière sous le nom de *clinker* (1) : je proposerais de le traduire

(1) Je n'ai pu obtenir de données authentiques sur l'orthographe de ce mot ; je l'écris ici comme je l'ai entendu prononcer par les ouvriers. L'expression *mâchefer*, par laquelle on désigne souvent dans les usines françaises le produit inutile ou nuisible formé de cendres agglomérées, plus ou moins vitrifiées, qui tend à obstruer les grilles où se brûlent des combustibles minéraux, ne me paraît pas convenir à la désignation d'un produit dont le rôle, dans le foyer même, est si essentiel. Ce nom, qui rappelle l'action dissolvante exercée ordinairement par les silicates terreux sur les barreaux des grilles, ne pourrait s'appliquer que par une sorte de contre-sens à une matière qui contribue essentiellement à conserver ces barreaux. La nécessité d'une dénomination spéciale me paraît en outre évidente pour un agent qui est certainement appelé à jouer un rôle fort essentiel dans la métallurgie. Je ne crois pouvoir proposer une expression plus conve-

par le mot *craya*, appliqué à un produit analogue par les métallurgistes du pays wallon.

Formation et entretien des grilles de craya.

Cette grille terreuse est habilement façonnée par les chauffeurs aux dépens des cendres à demi ramollies qui se forment sans cesse dans le foyer, à la partie inférieure de la masse en combustion. Les cendres qui, sans une intervention convenable de l'ouvrier, obstrueraient promptement la chauffe, se transforment, sous la direction de celui-ci, et par leur agglomération spontanée, en une véritable grille, que l'air ni le feu ne peuvent altérer, et au travers de laquelle l'air pénètre selon les besoins de l'opération. Le craya immédiatement contigu à la partie inférieure du combustible en ignition est porté à une température extrêmement élevée, par suite du rayonnement considérable exercé, soit par la maçonnerie adjacente, soit par une masse de combustible solide, cubant au moins 6$^{m.cub.}$,90, et pesant 600 kilogrammes. Il est lui-même, vu son état de ramollissement, empâté d'une quantité considérable de fragments charbonneux qui, en continuant de brûler, développent, au contact de cette matière terreuse, une grande quantité de chaleur. Les combustibles doivent être choisis de telle sorte que, sous l'influence de cette température, le mélange de leurs cendres donne une substance assez ramollissable pour s'agglomérer solidement, assez réfractaire

---

nable que le mot *craya* donné à une substance identique avec le *clinker* des fonderies galloises, dans le pays wallon qui a tant contribué au progrès de la métallurgie et qui en particulier a déjà fourni beaucoup d'expressions à la nomenclature française.

pour ne point se résoudre en un liquide qui tomberait directement dans le cendrier. L'attention des fondeurs est vivement tendue vers ce point capital : le travail même leur fait journellement connaître les mélanges qui produisent sous ce rapport le meilleur effet, et qui exigent de leur part la moindre dépense de force. Ce détail qui, à première vue, pourrait paraître insignifiant, est cependant d'une extrême importance. La somme d'expériences accumulée sous ce rapport dans les fonderies galloises est une des causes principales de leur succès, et l'on s'exposerait à de graves mécomptes si l'on espérait qu'une pratique si simple en apparence, pût s'établir facilement dans une localité nouvelle, au moyen d'ouvriers inexpérimentés agissant sur des combustibles non éprouvés.

Caractères physiques et composition chimique du craya.

Le craya est une matière moins hétérogène qu'on ne pouvait le penser, en considérant seulement son origine et sans avoir égard au temps considérable (10 à 12 heures) pendant lequel les principes constituants peuvent réagir l'un sur l'autre. Un échantillon de bonne qualité présente tout à fait l'apparence des laitiers obtenus pendant le dérangement des hauts-fourneaux où l'on fond les minerais de fer au moyen du charbon de bois. La substance dominante est un verre gris-verdâtre ou brun, bulleux, pénétré de nombreuses cavités à surfaces lisses et bien fondues; on y observe çà et là des parcelles charbonneuses, de petits fragments de matières terreuses imparfaitement dissoutes dans la masse, des grenailles de sulfure de fer et de petites masses scoriacées d'oxyde ferrique provenant évidemment de la

fusion et du grillage de la pyrite mélangée aux combustibles employés.

Des fragments pris aux divers niveaux de la masse de craya révèlent clairement toutes les circonstances de la formation progressive de cette matière par la réaction mutuelle des silicates d'alumine et de la pyrite sous l'influence des gaz oxydants et d'une température élevée : par une coïncidence qu'on ne saurait trop admirer, le silicate devient plus riche en oxydes de fer et par conséquent plus ramollissable à mesure que les fragments s'éloignent plus du niveau où ils se sont d'abord agglomérés, et où le craya définitif ne pourrait subsister sans se liquéfier complétement.

L'analyse d'un craya réputé de bonne qualité a donné les résultats suivants :

Silice	0,520
Oxyde ferrique	0,052
Oxyde ferreux	0,220
Alumine	0,142
Chaux	0,024
Magnésie	0,007
Soufre	0,013
Fer	0,010
Carbone	0,012
	1,000

Silicate d'oxyde ferrique	0,110
— — ferreux	0,404
— d'oxydes terreux	0,451
Sulfure ferreux (FeSu)	0,023
Carbone	0,012
	1,000

Cette composition correspond à peu près à un bisilicate : l'oxygène des bases étant à celui de la silice comme 14 : 27.

Le progrès de la combustion, en formant de nouvelles couches de craya, éloigne peu à peu du foyer de chaleur les couches formées à une époque antérieure; ces couches, considérées de haut en bas, ont une température rapidement décroissante, d'abord parce qu'elles s'éloignent du foyer de chaleur, en second lieu parce qu'elles sont traversées de bas en haut par l'air appelé dans le foyer, et qui, avant de réagir sur le combustible, se comporte comme réfrigérant; en troisième lieu enfin, parce que les substances charbonneuses empâtées dans le craya naissant, se consument rapidement et ne

Distribution de la température dans le craya.

servent plus bientôt à en élever la température. Au-dessous de ce niveau de la combustion, le craya ne sert plus, en se refroidissant lui-même, qu'à échauffer l'air ascendant. Il s'en faut de beaucoup que les couches de craya inférieures à la couche pâteuse qui joue essentiellement le rôle de grille aient, comme celle-ci, une tendance à la régularité. Dès qu'elle se solidifie par refroidissement, la matière devient cassante comme toutes les substances vitreuses de nature analogue; elle se brise spontanément en gros fragments dont les interstices sont assez grands pour laisser passer l'air nécessaire au foyer, et point assez pour laisser filtrer les combustibles pulvérulents. L'habileté du chauffeur consiste en grande partie à établir dans la masse terreuse le degré de division nécessaire à chaque niveau; il faut que la perméabilité de la masse, très-faible au contact du craya naissant, soit considérable à la partie inférieure complétement refroidie; il convient aussi d'enlever les fragments inférieurs de craya, à mesure qu'il s'en forme plus haut de nouvelles couches, afin que l'espace réservé dans la chauffe au combustible proprement dit soit toujours dans une juste proportion avec celui qui est occupé par le support terreux. L'espace prismatique à section rectangulaire, qui forme la chauffe de tous les fours gallois, est ordinairement rempli de craya sur une hauteur de 0m,60. Le craya pâteux naissant occupe environ une hauteur de 0m,10. Au-dessous, viennent, sur une hauteur de 0m,20 environ, des fragments demi-pâteux, encore mélangés de charbon et portés à une température d'un rouge vif. Plus bas enfin, sur une hauteur de 0m,30, se trouvent de gros fragments sans mélange de charbon, séparés par des

interstices de 0^m,15 à 0^m,20 et qui, ayant perdu tout éclat lumineux à leur surface inférieure, conservent cependant une température assez élevée pour gazéifier rapidement et avec ébullition l'eau qu'on y jette. Tout ce système repose sur quatre ou cinq barres de fer qui ne jouent nullement ici le rôle de grille et donnent simplement au craya quelques points d'appui; celles-ci ne s'usent point comme les barreaux de grille proprement dits placés au contact des combustibles : leur durée est ici à peu près indéfinie, et l'économie réalisée sous ce rapport, par comparaison avec les autres fours à réverbère, est un des avantages essentiels de ce mode de combustion.

Principe de la gazéification de l'anthracite menu; tuyères de craya.

Le *principe de la* combustion dans les fourneaux gallois n'est pas moins caractéristique que celui *de l'établissement* de la grille vitreuse. Au-dessus de cette grille, la cavité prismatique se trouve remplie, sur une hauteur de 0^m,60 à 0^m,70, des combustibles pulvérulents dont la nature a été précédemment décrite. Quelle que soit la force du tirage, lequel, ainsi qu'on le verra plus loin, tend à appeler l'air atmosphérique au travers de la chauffe, toute circulation de gaz serait évidemment impossible au travers d'une telle masse, si sur toute cette hauteur les fragments charbonneux restaient aussi tassés qu'ils l'étaient au moment de leur introduction dans le foyer; mais il en est tout autrement. Les éléments du craya ne commencent pas seulement à se montrer au niveau où ils se réunissent en masse pâteuse : on les voit déjà s'agglomérer dans le sein de la masse de combustible en ignition. On observe, par exemple, ces premiers rudiments du craya quand on vide, pour cause de

réparation, la grille d'un four : à deux ou trois décimètres en contre-bas du niveau du pont, on remarque déjà de petites masses de matière demi-solides, demi-pâteuses, qui çà et là servent de support aux charbons pulvérulents et maintiennent le passage de l'air. Les ouvriers attachent une très-grande importance à ne point détruire par le choc les vides qui tendent à se produire de cette manière; aussi ne les voit-on jamais râbler la masse en ignition, ainsi que cela se pratique dans la conduite ordinaire des fours à cheminée. A moins d'accident inattendu, le chauffeur laisse ici dans un repos complet toute la partie centrale de la chauffe : il agit soit sur la partie tout à fait supérieure, en y ajoutant de loin en loin une couche de quelques centimètres de charbon frais, soit sur la partie tout à fait inférieure, en détachant et en faisant tomber sous la grille quelques fragments de craya. L'air s'introduit dans la masse charbonneuse par un certain nombre d'orifices pratiqués et entretenus dans le craya pâteux : la combustion même qui s'établit immédiatement au-dessus de ces orifices concentre naturellement en ce point le phénomène de l'incinération et la formation du craya : celui-ci tend donc à s'agglomérer en formant autour de ces filets d'air verticaux des espèces de tubes qui servent précisément à faire pénétrer l'air au sein de la masse charbonneuse environnante : ces tubes, dans un foyer maintenu en allure normale, restent pour leurs dimensions dans un état à peu près constant d'équilibre : d'une part, ils tendent sans cesse à s'accroître en épaisseur et en hauteur au moyen des cendres qu'abandonnent les fragments charbonneux qui ne brûlent qu'à leur contact; de l'autre, ils tendent à s'affaisser et à se

liquater en quelque sorte sous l'influence de la haute température qui se produit également à leur contact, fournissant par là de nouveaux éléments à cette couche de craya vitreux qui forme la base essentielle de ce système. On ne saurait mieux comparer cet ensemble, qu'à une plaque horizontale supportant les charbons incandescents, et percée d'un certain nombre de trous circulaires, sur chacun desquels seraient ajustés verticalement des tubes cylindriques ou coniques de même diamètre pénétrant à $0^{m},40$ dans la masse charbonneuse où ils laisseraient filtrer l'air soit par leur extrémité, soit par une série de petits orifices pratiqués sur leur surface. Un semblable appareil est la seule grille qui me paraisse propre à brûler des combustibles secs pulvérulents au moyen des mouvements d'air que peut déterminer le tirage des cheminées; mais je n'imagine aucun moyen pratique de *construire de toutes pièces* un tel appareil avec des matériaux durables et de le faire fonctionner, sans le voir aussitôt obstrué par les cendres du combustible. Ce qu'on ne saurait trop admirer dans la découverte des fondeurs gallois, c'est d'avoir tiré la solution du problème de la circonstance même qui semblait devoir y faire obstacle; c'est d'avoir construit, avec la cendre du combustible, une grille qui, se produisant en quelque sorte spontanément, n'exige aucun frais de construction ni d'entretien.

Degré de perfection atteint dans la pratique, pour la conduite des chauffes.

Cette description fait suffisamment comprendre que le craya est loin d'offrir la régularité de la grille hypothétique que je viens d'indiquer. Les chauffeurs les plus soigneux sont loin d'atteindre dans la pratique à une telle perfection : dans

beaucoup de fours mal conduits, l'air ne circule dans la chauffe que fort irrégulièrement, à l'aide de masses terreuses informes dont le mélange mécanique donne en quelque sorte à la masse de charbon de la consistance et de la porosité. Cette disposition vicieuse du craya exerce souvent, comme on le comprendra plus loin, une influence fâcheuse sur la distribution de la chaleur dans les fours et par suite sur le succès des opérations; mais cet inconvénient se résout, en définitive, en un accroissement sur la consommation de combustible, de même qu'une conduite plus parfaite des chauffes par des ouvriers mieux choisis et plus expérimentés se résoudrait en une augmentation de salaire. Dans les usines bien dirigées on se tient, entre ces deux écueils, dans les limites qui donnent lieu à la moindre dépense, tout en se plaçant, par une surveillance sûrement organisée, à l'abri des principaux inconvénients que pourrait amener l'emploi d'un certain nombre d'ouvriers médiocres.

Beaucoup de praticiens m'ont affirmé que des ouvriers soigneux et intelligents pourraient alimenter exclusivement avec des anthracites menus des chauffes une fois mises en bonne allure; j'ai même vu conduire de cette manière une opération complète dans plusieurs fours; mais ce résultat suppose dans l'ouvrier des qualités qui ne sont pas très-communes, qu'il faudrait nécessairement payer cher, et qui trouveraient d'ailleurs dans une autre direction une application plus utile. Dans le pays de Galles, où la houille proprement dite ne coûte que 33 pour 100 en sus de l'anthracite, on trouve plus avantageux d'en mêler à ce dernier une certaine quantité. On com-

munique ainsi au mélange, dans une certaine mesure, la propriété de s'agglomérer par la première impression de la chaleur. On rend par là les fragments charbonneux moins disposés à se précipiter, avant la combustion, au travers des trop grands orifices qui, par la négligence de l'ouvrier, se produisent parfois dans le craya. En associant, comme on le fait ordinairement, une partie de houille à 3 parties d'anthracite, on augmente seulement de 8 pour 100 le prix de ce dernier; mais l'on réduit dans une proportion plus considérable les soins, la surveillance, et, en définitive, la dépense qu'exige la conduite des chauffes. J'ai précédemment indiqué que dans le roulement d'une grande fonderie, on peut à peine retrouver par triage, au milieu des débris accumulés dans les cendriers, les trois millièmes du combustible chargé sur les grilles : ce fait donne la mesure de l'efficacité du mode de combustion inventé dans le pays de Galles.

Il ne suffisait cependant pas de parvenir à brûler complétement et avec économie des combustibles d'un aussi difficile emploi, il fallait encore que les produits gazeux de cette combustion pussent servir aux opérations si complexes, si variées qui se pratiquent dans les fours gallois. A ces faits généraux qui s'appliquent au chauffage de tous les fours, il convient donc d'ajouter, pour chaque genre de fours, le détail des dispositions spéciales commandées par les réactions qu'on y exécute. A ce sujet, se manifestera encore (p. 130, 149 et 176) la fertilité de cet esprit d'invention que développe la pratique des arts industriels, et qu'on remarque surtout dans les fonderies de métaux. J'ai trouvé en effet les mêmes sujets d'ad-

miration dans toutes les branches de la métallurgie, au fond d'ateliers où les connaissances scientifiques de l'Europe n'ont jamais pénétré. Rien ne me semble plus digne de l'attention des philosophes que le spectacle d'ouvriers incultes, étrangers en apparence à toute aptitude libérale, à toute faculté d'invention, devancer de trente siècles le mouvement scientifique moderne, et se transmettre d'âge en âge des méthodes de travail, chefs-d'œuvre d'esprit humain, à la hauteur desquels les sciences pures n'ont pu, à beaucoup d'égards, s'élever jusqu'à ce jour.

Emploi pour le grillage des produits de la gazéification de l'anthracite.

Passant à l'exposé des faits qui concernent le grillage des minerais, je ferai d'abord remarquer combien le problème à résoudre offrait de difficultés. Le grillage, pour être économiquement pratiqué dans les fours à cheminée familiers aux métallurgistes anglais, exigeait des appareils d'une grande étendue. Or un combustible sec, anthraciteux, qui brûle à peu près sans flamme, semble, au premier aperçu, impropre au chauffage de grandes surfaces; il paraît surtout difficile de produire à 7 mètres de la chauffe (*Pl.* Ire, *fig.* 1 et 2), près des rampants de sortie *pp*, la température modérée qui convient au grillage, sans soumettre à l'influence d'une température excessive la région du four contiguë à la chauffe. On a résolu ces difficultés en transformant complétement dans la chauffe le combustible solide en oxyde de carbone; en répandant ce gaz sur toute la surface de la sole; enfin en le brûlant lentement, en regard des matières à griller, au moyen de courants d'air distincts de ceux qui traversent le foyer.

Dans un mémoire consacré à l'étude de ces importantes questions (Annales des mines, 3e série, t. XIX, p. 316), j'ai prouvé que l'air atmosphérique projeté avec une vitesse considérable (de 25 à 100 mètres par seconde, par exemple), au milieu de combustibles incandescents, s'y transforme en oxyde de carbone avec une extrême rapidité, à quelques centimètres du point où il est introduit. Si, au contraire, la vitesse de projection est peu considérable, il ne se produit d'abord que de l'acide carbonique qui reste mélangé d'oxygène libre, et ces gaz peuvent cheminer longtemps dans le sein de la masse charbonneuse sans se transformer complétement en oxyde de carbone.

Transformation complète de l'anthracite en gaz combustibles.

Un calcul très-simple prouve que la première condition est réalisée dans la chauffe des fours de grillage. On y brûle en onze heures et demie (temps effectif de l'élaboration d'une charge), 306 kilogrammes d'anthracite et 114 kilogrammes de houille, dont la composition totale peut être représentée comme suit :

	kil.
Carbone gazéifiable seulement par l'action de l'oxygène atmosphérique.	297
Gaz combustibles qui se dégagent par la seule influence de la chaleur.	82
Cendres.	41
Total.	420

Pour gazéifier les 297 kil. de carbone et les transformer en oxyde de carbone, il faut 395 kil. d'oxygène, correspondant à 1.717 kilogr. ou 1.321 mètres cubes d'air atmosphérique, pris à la température et à la pression barométrique ordinaires; mais cet air, en traversant la masse incandescente

de craya et surtout les tubes qui lui ouvrent passage au milieu du combustible, acquiert la température de la chauffe, et par suite un volume au moins quintuple de celui qu'il avait au dehors; le volume de l'air qui débouche de ce qu'on pourrait appeler les tuyères de craya est donc au moins de 6.605 mètres cubes en onze heures et demie, ou de $0^{m.\,cub.},160$ par seconde. Ces orifices sont distants l'un de l'autre au moins de $0^{m},30$; il y en a au plus dix dans toute la surface de la chauffe, et leur section n'excède pas 20 centimètres carrés. La vitesse de l'air débouchant par ces orifices n'est donc pas inférieure à 8 mètres par seconde.

Cette vitesse, à la vérité, est inférieure à celle qui est nécessaire dans les fourneaux à tuyères pour la conversion rapide de l'air en oxyde de carbone. Elle est à peu près du même ordre que celle qui est imprimée à l'air dans les cubilots servant à la seconde fusion de la fonte, et l'on peut s'assurer, en comparant le poids d'air projeté à celui du coke brûlé dans ces appareils, que le gaz, après avoir parcouru dans le combustible incandescent une hauteur verticale de 2 à 3 mètres, tient encore une forte proportion d'acide carbonique. Mais plusieurs causes fort puissantes qui n'agissent ni dans les cubilots, ni dans les autres fourneaux à tuyères, tendent à hâter, dans la chauffe des fours gallois, la conversion complète de l'air en oxyde de carbone. En premier lieu, l'air, avant de réagir sur le charbon, est porté, par la circulation préalable dans le craya, à une température rouge extrêmement élevée : le système inférieur des chauffes galloises est en effet un appareil à air chaud incomparablement plus parfait que ceux qui ont été mis en usage jusqu'à

ce jour pour le service des fourneaux à tuyères. On peut même dire que cet appareil réunit toutes les perfections désirables : il n'entraîne aucuns frais, soit de construction, soit d'entretien ; il ne consomme que la quantité de chaleur effectivement communiquée à l'air ; enfin il est absolument inaltérable malgré l'influence combinée de la chaleur et de l'oxygène qui détruisent instantanément, à ces températures élevées, tous les appareils métalliques employés jusqu'à ce jour pour la même destination. Il n'est donc point étonnant que, sous une telle influence, les réactions soit incomparablement plus rapides qu'elles ne le sont dans les fourneaux à tuyères avec de l'air froid ou peu échauffé. La seconde cause qu'il importe de considérer est l'extrême division du combustible. Par des motifs qu'il est inutile d'analyser ici, les grands fourneaux à tuyères consacrés aux opérations fondamentales de la métallurgie, ne peuvent employer que des combustibles en gros fragments, et il est clair que les vides considérables, de 20 à 400 centimètres cubes, qui existent entre ces fragments, sont, toutes autres choses égales, une circonstance défavorable à la rapide réaction des gaz sur le charbon solide. Les conditions d'une prompte réaction sont évidemment plus prononcées dans une masse de combustible pulvérulent, où les interstices sont presque capillaires, et où la somme des vides ne forme que les 18 centièmes du volume total occupé par le combustible (1).

(1) J'ai trouvé par expérience que la densité moyenne des anthracites gallois employés dans les fonderies de cuivre est de 1,38 ; des observations directes répétées sur les mêmes

Caractères du courant de gaz combustible débouchant de la chauffe.

Tous les phénomènes que présentent les fours de grillage bien conduits prouvent que le courant gazeux, qui se dégage sans cesse de la chauffe de ces fours, est exclusivement composé de gaz combustibles; qu'il n'est nullement mélangé de filets d'air, et qu'en conséquence il ne saurait être aucunement assimilé aux flammes qui se dégagent des chauffes de fours à réverbère (tels que fours à

---

variétés m'ont prouvé que l'hectolitre d'anthracite menu pèse 112k,5. Le rapport du vide au volume total est donc égal à celui des nombres 255 : 1380, soit à 0,185. Les mêmes recherches appliquées aux cokes employés dans les fourneaux à tuyères m'ont conduit ordinairement à des rapports compris entre 0,40 et 0,50. Ces données d'observation, rapprochées du volume moyen des fragments de combustible solide mettent aisément en relief l'influence qu'exerce sur la circulation des gaz l'état de division du combustible solide, d'une part dans les fourneaux à tuyères alimentés par le coke, de l'autre dans les chauffes galloises où l'on ne charge que des charbons menus. Le volume moyen des fragments de coke dans les premiers est à peu près de 400 centimètres cubes, tandis que celui des particules d'anthracite dans les dernières est au plus de 10 millimètres cubes. Le rapport du volume moyen des vides, dans les deux cas, est donc celui des nombres $\frac{400 \times 0,45}{0,010 \times 0,18} = 100.000$. Ainsi les masses de combustible incandescent dans lesquelles se produisent les réactions que j'analyse ici, présentent cette différence que pour le charbon menu l'espace vide total, faute duquel toute réaction serait impossible, n'est pas beaucoup moindre que pour le coke, tandis que ce vide y est cent mille fois plus divisé. Si l'on se reporte aux considérations par lesquelles j'ai expliqué (Annales des mines, 4e série, t. XIX, p. 316) l'influence de la vitesse de l'air sur la réaction caractéristique des fourneaux à tuyères, la formation instantanée de l'oxyde de carbone, on concevra aisément que dans les chauffes galloises la division presque moléculaire du combustible supplée efficacement à une diminution de la vitesse.

puddler et à réchauffer) où doivent régner de hautes températures. Ce courant, formé en partie des gaz combustibles que développent la houille et l'anthracite par la simple distillation, et en partie de l'oxyde de carbone résultant de la réaction de l'air sur la partie fixe de ces mêmes combustibles, se dégage incessamment de la masse incandescente au milieu de laquelle l'air s'est divisé uniformément à la sortie des tuyères de craya. Il débouche avec une extrême lenteur par le large rampant qui met en communication la chauffe avec le laboratoire ; il s'étale ensuite, en ralentissant encore son mouvement, au contact de la voûte qui recouvre le vide intérieur du laboratoire : la température élevée qu'il a acquise dans la chauffe, la position où il se trouve à la sortie du rampart le placent naturellement au-dessus de *la nappe* d'air atmosphérique appelée au travers d'orifices spéciaux au-dessus de la sole et du minerai. Le gaz combustible, ainsi superposé à une masse d'air atmosphérique, s'enflamme par sa surface inférieure; il se produit donc sur toute cette surface de contact une lame mince de flamme (*Pl. I, fig.* 2). Celle-ci présente tous les phénomènes qui caractérisent la combustion lente des gaz d'éclairage et dont l'explication est, à mon avis, la plus belle révélation du génie de H. Davy. Cette lame de flamme interrompt complétement la transparence du gaz combustible, au-dessous duquel cependant elle occupe peu d'épaisseur.

Expériences révélant la présence de 3 zones gazeuses dans le fourneau.

On peut aisément constater que les corps les plus combustibles plongés dans la couche de gaz supérieure à la flamme, se carbonisent sans y brûler : c'est ainsi que j'y ai souvent fait séjourner pendant

un quart d'heure, sans en gazéifier les éléments, des masses d'étoupes fixées avec du fil de fer à l'extrémité d'un long ringard; ces mêmes étoupes, placées un peu plus bas, soit dans la flamme, soit dans la nappe d'air, s'y gazéifiaient en quelques instants: cette combustion instantanée se manifeste également sur les masses carbonisées qui avaient pu se conserver indéfiniment dans le gaz supérieur à la flamme. Les mêmes phénomènes se produisent au-dessus du foyer lui-même : de gros fragments de bois qui brûlent rapidement lorsqu'on les place au contact de la flamme contiguë au grand pont *h* (*Pl. I*, *fig.* 2), se carbonisent sans brûler, lorsqu'on les expose en *ee* au delà de cette flamme, sous la voûte du foyer au-dessus du combustible incandescent; on obtient ainsi, après un séjour convenablement prolongé, des charbons de bois dont la surface est aussi intacte que si on les eût préparés en vase clos.

Une expérience fort simple peut fournir une autre preuve de la véritable constitution des diverses nappes gazeuses, et démontrer que la source de la chaleur agissant dans le laboratoire réside essentiellement dans la même nappe de flamme interposée entre la zone d'air et celle de gaz combustible. Si l'on introduit dans le four une mince tige de fer dont l'extrémité pénètre dans le gaz combustible sans toucher à la voûte; si l'on maintient la tige dans cette situation assez longtemps pour que l'influence calorifique de la flamme se fasse sentir à la partie en contact, et point assez pour que la conductibilité du métal étende la même influence aux parties contiguës, on constate que la partie de la tige qui était au contact de la flamme est devenue

rouge, tandis que l'extrémité est restée obscure. Si la tige est exposée plus longtemps aux mêmes influences, elle s'oxyde fortement dans la partie immédiatement située en dessous de la flamme, tandis qu'elle reste intacte dans la région située immédiatement au-dessus.

En résumé, toutes les parties du minerai étendu sur la sole se trouvent sans cesse plongées dans l'oxygène atmosphérique à proximité d'une masse en quelque sorte parallèle de gaz combustible brûlant lentement par sa surface inférieure, et développant ainsi la chaleur nécessaire pour déterminer, entre l'oxygène de l'air et les sulfures de minerai, les réactions caractéristiques du grillage.

Les détails précédents indiquent suffisamment les causes de la production et de la circulation du gaz combustible : elles démontrent aussi qu'aucune trace de l'oxygène qui occupe la partie inférieure du laboratoire n'y peut parvenir au travers de la chauffe. Les *fig.* 1, 2 et 3 de la *Pl. I* montrent que l'air est introduit directement dans cette région, d'abord par une ouverture ou registre *v* pratiqué à cet effet au-dessus du niveau de la sole, sur un des côtés du grand pont *o*, puis par quatre trous ronds pratiqués dans les plaques de fonte qui ferment à peu près hermétiquement les quatre portes de travail. Le tirage énergique de la cheminée, commune à tous les fours de grillage (*Pl. I*, *fig.* 4 et 5; *Pl. III*, *fig.* 4, 5 et 6), n'appelle par ces quatre orifices qu'une quantité d'air toujours assez limitée par leur faible diamètre ($0^m,02$). Le complément de l'approvisionnement est fourni par le registre latéral *v*, dans une proportion que l'ouvrier fait varier selon les convenances du travail; à cet effet il rétrécit plus

ou moins le passage de l'air au moyen de briques placées dans cet orifice.

Faible vitesse du gaz combustible et des gaz brûlés.

J'ai dit précédemment que le gaz combustible dont le mouvement est parfaitement décelé par celui de la flamme, avait une faible vitesse, aussi bien dans le rampant de la chauffe que sous la voûte du laboratoire; on peut calculer approximativement cette vitesse dans les diverses parties du four en partant des données suivantes.

On consomme en 11 heures trois quarts, dans la chauffe, 0t,414 ou 420 kilog. de combustible solide, en faisant réagir 395 kilog. d'oxygène atmosphérique; on obtient dans le même temps :

	kil.	kil.
Gaz combustible produit par distillation.	82	
Oxyde de carbone	692	2.096
Azote	1.322	
Craya		0.041
		2.137

Ce gaz, à la température de 0° et à la pression de 0m,76, a pour volume approximatif :

	m. cub.	m. cub
Gaz combustible de la distillation.	126	
Oxyde de carbone	557	1.726
Azote	1.043	

Ce volume se trouve à peu près triplé par la température à laquelle le gaz se trouve soumis entre la voûte et la nappe de flamme : il passe donc en 11 heures et demie, dans le fourneau, environ 5.178 mètres cubes, soit, par seconde, $0^{\text{m. cub.}},122$ pesant $0^{\text{kilog.}},049$. D'un autre côté, la section transversale du rampant placé au-dessus du grand pont, est de $0^{\text{m.car.}},55$; la largeur de la

voûte dans la partie centrale du laboratoire est de $3^m,66$; l'épaisseur du gaz combustible *i* (*Pl. I*, *fig.* 2), montant à $0^m,40$ près de la chauffe, et se réduisant vers l'extrémité opposée de la sole, à quelques centimètres, peut être estimé moyennement, dans la partie centrale du four, à $0^m,15$: la section transversale de la nappe gazeuse combustible dans cette même région est donc en moyenne de $3^m,66 \times 0,15$ ou de $0^{m.car.},55$. Le gaz combustible se meut donc, soit dans la chauffe, soit sous la voûte du laboratoire, avec la vitesse moyenne très-faible de $0^m,22$ par seconde : c'est la vitesse pour laquelle le vent commence seulement à devenir sensible; c'est aussi celle des cours d'eau les plus lents, c'est à peine le cinquième de la vitesse avec laquelle cheminent les animaux chargés. Le laboratoire contient moyennement 2.400 litres de gaz combustibles ou brûlés, et chaque molécule de ces gaz séjourne 18 secondes dans cette région du fourneau. Dans de telles conditions, on peut dire que dans les fours gallois, le grillage s'opère sous l'influence d'une nappe à peu près stationnaire de gaz en combustion lente. Ces fours me paraissent l'emporter, aussi bien sous le point de vue pratique qu'au point de vue de la théorie, sur tous ceux à l'aide desquels on a tenté, depuis dix ans, de produire de la flamme avec des combustibles charbonneux pulvérulents. Seuls parmi les appareils essayés et décrits jusqu'à ce jour, ils remplissent toutes les conditions économiques de la génération et de l'emploi des gaz combustibles.

Plusieurs des considérations que je viens de présenter touchant la conduite du feu et le mouvement des gaz combustibles dans les fours servant au grillage du minerai, s'appliquent en partie

aux autres fours : je pourrai donc plus loin y renvoyer le lecteur et abréger d'autant la description des neuf autres opérations

Manipulations relatives à l'élaboration d'une charge.

L'élaboration d'une charge de minerai commence sans aucun chômage du fourneau aussitôt que les dernières parties de la charge précédente en sont retirées. Chaque charge pesant 3t,45 et préalablement introduite dans les trémies *l*, *l*, (*Pl. I*, *fig.* 2 et 3), tombe sur la sole dès qu'on ouvre les registres *α*, *α*, placés à la partie inférieure de ces trémies. Après avoir refermé ces registres, l'ouvrier s'empresse d'étendre uniformément le minerai, sur la sole, au moyen de longs râbles en fer, successivement introduits par les quatre portes de travail. Les embrasures de ces portes sont disposées de telle sorte qu'il peut atteindre aisément avec ces outils le minerai placé dans toutes les régions de la sole ; il ferme enfin les portes lorsque ce travail est effectué. Les minerais destinés au grillage ne sont pas complétement pulvérulents ; outre les schlichs fins provenant du lavage, on traite beaucoup de minerais simplement concassés, dont les plus gros fragments ne dépassent guère la dimension d'une noisette. Les minerais pris ordinairement dans la cour *ce* (*Pl. III*, *fig.* 4) à des tas de diverses provenances, sont réunis, lors du chargement des trémies, dans les proportions convenables pour le succès des fontes qui doivent suivre le grillage. On prescrit, à cet effet, aux rouleurs de jeter dans les deux trémies un certain nombre de brouettes prises à des tas désignés Les minerais, au moment où ils tombent sur la sole, sont donc déjà associés comme il convient; les manipulations qu'exige le grillage

même établissent ensuite toute l'intimité désirable entre les éléments du mélange.

La température des fours de grillage doit être graduée très-soigneusement. L'application brusque d'une haute température détermine une trop rapide combustion à la surface des fragments de pyrite de fer qui dominent dans les minerais soumis au grillage. Sous la double influence de la température générale du four et de celle qui résulte de la combustion même, ces fragments se frittent à leur surface et s'agglomèrent entre eux. Cette agglomération et le glacis superficiel de sulfure et d'oxyde de fer qui recouvre les fragments, retardent dès lors considérablement le progrès ultérieur du grillage. Une température croissant trop lentement, retarde naturellement le grillage par une cause tout opposée; elle tend à restreindre la quantité de minerai qui peut être convenablement grillée à l'aide d'un matériel donné. Avec une température convenablement graduée, la pyrite, sans jamais se ramollir, se décompose par couches concentriques, ce qui permet constamment à l'oxygène de pénétrer jusqu'à la matière sulfureuse, au travers d'une enveloppe fissurée et friable d'oxyde ferrique. La fusibilité du minerai va graduellement en diminuant, parce que la pyrite perd peu à peu la proportion de soufre qui peut se gazéifier par la seule influence de la chaleur, et surtout parce que le sulfure de fer et les autres sulfures éminemment fusibles sont progressivement remplacés par des oxydes métalliques qui ne le sont point. On doit donc hâter le grillage, sans en compromettre le succès par le ramollissement des matières, en faisant croître progressivement la température du

four depuis le commencement jusqu'à la fin de l'élaboration d'une charge.

La température du four se trouve portée à son maximum au moment où l'on commence à faire sortir du four une charge convenablement élaborée; et cette température subsiste encore en très-grande partie au moment où une nouvelle charge va être introduite. Cependant pour remplir la condition fondamentale de l'échauffement graduel des charges, il n'est nullement nécessaire de soumettre ce four à un refroidissement préalable, ainsi que cela a lieu, en cas semblable, dans plusieurs autres opérations métallurgiques. La masse considérable de minerai sur laquelle on agit, dispense de ce soin en absorbant, au grand profit de l'opération même, l'excès de température du four. Le four, qui au moment de l'introduction de la charge est porté à la température du rouge, cède rapidement sa chaleur aux 69 quintaux ($3^t,45$) de minerai qui occupent à la surface de la sole, une épaisseur moyenne de $0^m,12$; un quart d'heure environ après l'arrivée du minerai, la température du four est tombée au-dessous du rouge sombre, et il arrive souvent alors qu'un fragment de zinc placé à mi-distance de la voûte à la sole, ne se ramollit pas dans la partie centrale du four; mais déjà le minerai est porté à une température assez élevée pour que l'eau mêlée ou combinée se dégage de toutes les parties de la sole, et même pour que quelques vapeurs sulfureuses commencent à se montrer dans la région la plus rapprochée de la chauffe. On a donc obtenu en un quart d'heure, au moyen de l'énorme quantité de chaleur accumulée dans le four, un résultat qui, par le chauffage direct, eût exigé un

temps beaucoup plus considérable. Ce détail méritait d'être signalé, car il faut certainement lui attribuer en partie la supériorité qu'offrent les fours de grillage gallois, par comparaison avec les fours de grillage à petites charges employés en diverses parties du continent.

Le tirage qu'exerce la cheminée du four de grillage, fait entrer par les portes une quantité considérable d'air froid pendant le temps où celles-ci sont ouvertes, soit pour le déchargement, soit pour l'étendage de la nouvelle charge. Cette circonstance détermine en pure perte une rapide déperdition de la chaleur accumulée dans le four. Il faut donc abréger autant que possible le temps pendant lequel ces manipulations s'exécutent, et l'on combine toujours dans ce but le travail de deux ouvriers. Lors de la charge du matin, l'ouvrier qui vient prendre la direction du four, arrive au travail au moment où son camarade qui a fourni le poste précédent va retirer du four la charge qu'il vient d'élaborer; tous deux réunissant leurs efforts, vident le four en moitié moins de temps qu'il n'en eût fallu à un seul ouvrier pour accomplir cette besogne. Les deux mêmes ouvriers exécutent encore simultanément l'étendage de la nouvelle charge, et c'est alors seulement que se retire l'ouvrier qui est depuis 24 heures au travail. Pendant toute la durée du grillage de la charge, l'ouvrier qui vient de prendre le poste, exécute seul toutes les manipulations; puis, quand le moment est venu d'enlever cette charge grillée et de faire la charge de nuit, les deux ouvriers de deux fours contigus s'associent pour travailler successivement à chacun de ces fours et pour réduire de moitié, comme on l'avait fait à la charge du ma-

tin, le temps pendant lequel les portes de chaque four restent ouvertes.

Un quart d'heure environ après le commencement de l'opération, c'est-à-dire après l'instant où la charge est tombée sur la sole, l'ouvrier se repose un peu de l'effort qu'il a dû faire à l'occasion du déchargement et du chargement; puis il commence à rétablir l'activité du foyer qu'il avait ralentie à dessein vers la fin de l'autre opération, et surtout pendant la demi-heure précédente. Etudiant attentivement l'état du craya, il enlève avec précaution les fragments qui paraissent trop restreindre l'accès de l'air; il reforme avec la pointe du ringard les orifices qui tendent à s'obstruer, et favorise ainsi l'uniforme admission de l'air par toute la surface de la grille; il jette enfin à la surface supérieure de la chauffe une charge de charbon. A partir de cette première charge de combustible jusqu'à la fin de l'opération, il entretient le feu d'une manière régulière; la quantité du combustible consommé dans la chauffe, et par suite celle du gaz admis dans le laboratoire, restent dorénavant constantes. Les charges de combustible se font régulièrement à des intervalles moyens de $1^h\ 20'$; on en fait neuf environ pendant l'élaboration d'une charge de minerai. On charge chaque fois $0^t,047$ de combustible qui, répartis uniformément sur la surface de la chauffe, y occuperaient une épaisseur de 4 centimètres. La porte de chauffe se ferme hermétiquement au moyen du combustible même, ainsi que cela se pratique au reste dans la plupart des fours à cheminée alimentés par la houille : cette porte est, à cet effet, munie d'une longue embrasure qui, dans l'intervalle de deux charges consécutives,

reste pleine de charbon. Quand le moment de charger le combustible est arrivé, on refoule avec un râble, vers la partie postérieure de la chauffe, le combustible accumulé dans la porte et au delà de celle-ci, puis on s'empresse de remplir l'espace ainsi dégarni avec du combustible frais. On ne procède donc point par coups de feu graduellement croissants comme dans certains fours à petites charges du continent. La graduation de la température, si essentielle au succès du grillage, se produit ici naturellement par la résistance qu'une charge très-considérable de minerai oppose d'abord à l'influence d'une quantité à peu près uniforme de chaleur. L'élévation de température des murs du four reste constamment liée à celle de la masse de minerai.

Une heure après le commencement de l'opération, les sulfures sont en pleine décomposition, mais cette action est exclusivement concentrée à la partie supérieure de la couche de minerai sur une épaisseur d'un centimètre environ. Cette couche, en effet, est celle qui subit le plus directement l'influence calorifique de la nappe de flamme qui s'étale sous la voûte, et l'influence oxydante de la couche d'air comprise entre cette flamme et le minerai. L'oxydation des sulfures y développe d'ailleurs une quantité considérable de chaleur, et favorise par là le progrès du grillage. Ces influences calorifiques, principalement dirigées sur la couche supérieure, en élèvent peu à peu la température au-dessus de la température moyenne du four, malgré l'influence refroidissante exercée par les couches de minerai immédia tement inférieures. Toutefois en laissant trop longtemps les choses en cet état, on compromet-

trait le succès du grillage et l'on déterminerait à la surface du minerai le ramollissement des matières. Deux heures après le commencement de l'opération, la réaction commençant à s'exercer vivement sur le minerai de la surface, l'ouvrier exécute pour la première fois la manipulation caractéristique du grillage, qui consiste à renouveler la surface avec un râble, en traçant dans toute l'étendue de la masse une série de sillons parallèles. Le râblage complet de la sole dure environ 12 minutes; mais, pour restreindre autant que possible les causes de refroidissement pendant cette élaboration indispensable, l'ouvrier, qui travaille successivement à chaque porte, a soin de tenir fermées les trois portes autres que celle où son outil est engagé. Ces râblages se renouvellent de deux heures en deux heures; l'ouvrier en exécute donc cinq pendant la durée totale d'une opération.

11 heures 30 minutes après le commencement de l'opération, les ouvriers de deux fours contigus se réunissent pour enlever la charge grillée. Ils ouvrent d'abord les quatre portes et enlèvent les plaques placées pendant le travail au-dessus des trous *t* (*Pl. I*, *fig.* 1); enfin ils attirent au moyen du râble le minerai dans ces orifices et le font ainsi tomber dans le réservoir inférieur *u*. On peut remarquer à cette occasion que l'ouverture des portes interrompt immédiatement le tirage au travers de la chauffe et l'arrivée du gaz combustible dans le laboratoire; elle suspend aussi par conséquent toute consommation de combustible solide dans le foyer.

Le travail de déchargement est une opération fort pénible; le minerai, au moment où on l'extrait du four, ne doit point être, tant s'en faut, complétement désulfuré : il retient encore environ

la moitié du soufre qui y était contenu avant le grillage; mis en contact à la température rouge avec l'air extérieur, il continue à émettre une quantité considérable d'acide sulfureux et d'acide sulfurique, lesquels se répandent dans les ateliers et en rendent l'air presque irrespirable pour les personnes non habituées à cette influence délétère. Les ouvriers placés pendant ce travail devant l'ouverture du réservoir de minerai grillé souffrent eux-mêmes beaucoup de ce dégagement de vapeurs : pour s'en préserver autant que possible, ils couvrent avec un mouchoir la moitié inférieure de leur visage et vont au besoin de temps en temps respirer un air moins impur à quelque distance du four. Ce déchargement opéré, on procède aussitôt, comme on l'a déjà dit, à l'introduction d'une nouvelle charge pour laquelle on répète exactement les mêmes manipulations.

Emploi du temps de chaque ouvrier.

Le grillage proprement dit exige de chaque ouvrier, pendant la durée d'un poste de 24 heures 10 minutes, le temps indiqué ci-après :

4 demi-déchargements de four.	0h 40′
4 demi-étendages de charge.	0 24
Arrangement du craya à deux reprises principales; piquage de la grille à 5 ou 6 reprises.	0 30
Chargement de la chauffe à 18 reprises. . . .	0 36
10 râblages sur le minerai.	2 00
Total.	4 10

Chaque ouvrier a donc encore à chacun de ses deux postes 10 heures disponibles; celles-ci sont presque entièrement consacrées au repos pendant le poste de nuit : elles sont en grande partie absorbées pendant le poste de jour

par divers travaux accessoires qui constituent de fait la principale besogne des ouvriers grilleurs. Le plus important de ces travaux comprend la reprise du minerai grillé à une profondeur moyenne de $0^m,45$ en contre-bas du sol et à $0^m,95$ en contre-bas de la brouette où il est jeté à la pelle; le chargement de cette brouette et le transport aux dépôts à une distance moyenne de 40 mètres. Dans les conditions ordinaires, deux charges de minerai brut pesant ensemble $6^t,90$, à raison d'un déchet moyen de 0,072, rendent $6^t,40$ de minerai grillé. Les quatre cinquièmes de ce produit, soit $5^t,17$ sont transportés par les ouvriers grilleurs qui consacrent 5 heures à ce travail. Le surplus est transporté par trois rouleurs supplémentaires qui fournissent par jour 10 heures de travail effectif et transportent chacun $10^t,34$ de minerai grillé.

L'ouvrier grilleur emploie encore une partie de son temps à approcher de la porte de chauffe $0^t,84$ de houille, en parcourant moyennement une distance de 30 mètres; à nettoyer le cendrier et à transporter aux haldes, à une distance moyenne de 140 mètres, $0^t,082$ de craya.

Les ouvriers grilleurs sont en outre tenus d'aider au chargement des fours de raffinage, ainsi qu'il sera indiqué au § 12. Le temps assez considérable que chaque ouvrier consacre à ce dernier travail est pris en partie sur la durée du jour de service, en partie sur celle du jour de repos, suivant les conventions établies par les ouvriers eux-mêmes. En tenant compte du temps effectif consacré aux divers travaux, on trouve que la journée de travail des ouvriers grilleurs est à peu près employée ainsi qu'il suit:

	j.	j.
Grillage proprement dit.—Travail actif. .	0,172	0,581
Garde des fours.	0,409	
Roulage des minerais grillés, du combustible, etc.		0,237
Chargement des fours de raffinage (X^e opération).		0,182
		1,000

Les faits exposés précédemment mettent en évidence les principales conditions dans lesquelles le grillage s'opère : je crois néanmoins devoir encore mentionner ici plusieurs phénomènes dont il faut tenir compte pour compléter la théorie, très-simple en apparence, fort complexe en réalité, de cette première opération de la méthode galloise. Phénomènes observés dans les fours de grillage.

Le vide intérieur qui dans la partie centrale du fourneau offre une hauteur verticale de $0^m,70$ (*Pl. I*, *fig.* 2) est subdivisée pendant le travail en trois couches distinctes, savoir :

	m.
Flamme f, gaz combustible *e g*, gaz brûlé *i*.	0,15
Air atmosphérique *h h*, mélangé d'azote et des acides gazeux du soufre.	0,43
Minerai étendu sur la sole.	0,12
	0,70

Ces deux couches gazeuses offrent des phénomènes de mouvement et des variations d'épaisseur très-dignes d'attention et qui se trouvent parfaitement décelés, dans le gaz supérieur par la situation et les ondulations de la nappe de flamme, dans le gaz inférieur par le mouvement même des vapeurs d'acide sulfurique. La nappe de flamme *f*, dont la disposition peut être aisément constatée lorsqu'on regarde l'intérieur du four au moyen des quatre orifices pratiqués dans dans les portes, s'abaisse progressivement depuis

le sommet du pont *o*, jusqu'au niveau de la sole, près des rampants *pp* donnant issue au gaz. Cet abaissement progressif de la nappe de flamme est dû à plusieurs causes : l'inclinaison donnée à la voûte; l'affluence des gaz brûlés *i*, qui viennent sans cesse accroître le volume de la masse gazeuse supérieure à la flamme; enfin, près des rampants *p*, le remou produit par le brusque rétrécissement de ces deux orifices, seules issues ouvertes aux gaz qui se mouvaient jusque-là dans un espace beaucoup plus considérable. On voit très-distinctement que les rampants ne soutirent que les gaz brûlés *i i*, ou le mélange *g g* de ces gaz avec les restes du gaz combustible *e e*; car les rudiments de flamme qui persistent encore çà et là, et qui se montrent de temps en temps à cette extrémité du four, sont refoulés sur le seuil des rampants, et surtout sur la partie contiguë de la sole. La couche gazeuse supérieure envahit donc en ce point toute la hauteur de l'appareil (voir *Pl. I*, *fig.* 2).

Les limites de la couche gazeuse inférieure se trouvent par cela même fixées : sa hauteur, égale près du pont à 0^m,46, se réduit à rien vers l'extrémité opposée, particulièrement au devant des rampants de sortie.

J'ai calculé précédemment (pag. 137), combien était faible la vitesse horizontale imprimée au gaz supérieur; les ondulations de la flamme rendent appréciable pour l'œil l'extrême lenteur du mouvement de translation imprimée à cette masse gazeuse, et confirment l'exactitude de ce calcul; elles prouvent aussi que cette vitesse devient considérable (quintuple environ), à l'entrée des rampants de sortie.

Le mouvement est encore moins sensible dans le gaz inférieur : les vapeurs blanches d'acide sulfurique s'y élèvent verticalement avec une extrême lenteur, sans aucun indice de translation horizontale; seulement ces vapeurs, en approchant de la nappe de flamme, s'infléchissent du côté de la sortie des gaz, et prennent ainsi le mouvement horizontal de la nappe supérieure. En observant plus spécialement les phénomènes qui se manifestent dans l'embrasure des portes de travail, on remarque que des filets d'air froid animés d'une grande vitesse se précipitent dans le four, soit par l'orifice ménagé au centre de la plaque de chaque porte, soit par les petites fissures qui existent entre les bords de cette plaque et la feuillure du cadre de fonte où elle s'engage. Le mouvement de cet air est parfaitement indiqué par le refoulement exercé sur les vapeurs sulfureuses : on aperçoit très-clairement que l'air frais, beaucoup plus lourd que les gaz déjà introduits dans le four, tombe de suite sur la sole; il vient constamment, à la surface du minerai, remplacer celui que le grillage a partiellement altéré. Ce courant arrive, comme on voit, dans les meilleures conditions; il ne va point refroidir, dans la partie supérieure ou moyenne du four, les gaz déjà échauffés; il se porte directement sur la couche de minerai auquel le contact d'un corps froid ne peut être que favorable, vu la tendance des minerais sulfurés à trop s'échauffer par le grillage; il fournit d'ailleurs l'oxygène pur à la tranche du four où ce réactif est le plus nécessaire.

Quantité d'air très-limitée admise dans le laboratoire.

J'ai estimé de la manière suivante la quantité d'air ainsi admise dans la région inférieure du

four. Un manomètre à mercure adapté à un tube de fer communiquant avec l'intérieur du four a indiqué que la force élastique de l'air extérieur l'emportait à peu près d'un millimètre sur celle des gaz contenus dans l'intérieur du four. Dans les conditions atmosphériques qui régnaient au moment où cette observation a été faite, cet excédant de pression imprimait à l'air aspiré au travers des orifices existant dans les parois du four une vitesse de 14 mètres par seconde. La section des orifices par lesquels l'air extérieur s'introduisait dans le four était approximativement :

	c. car.
Trous ronds du diamètre moyen de 0^m,020 pratiqués au centre de chacune des portes.	13
Fissures moyennement larges de 0^m,0005 existant sur tout le développement des feuillures des portes. .	26
Espace vide compris entre les parois du registre latéral, et des fragments de briques tassés dans cet orifice.	48
	87

La quantité d'air admise par seconde au travers de ces orifices devait donc être $14^m \times 0^{m.car.}$,0087 $\times$ 0,80 $= 0^{m.cub.}$,097. D'un autre côté, en calculant la quantité d'oxygène nécessaire aux réactions chimiques qui ont lieu dans le laboratoire pendant l'élaboration d'une charge, j'ai trouvé un total de 1.354 kilog., savoir :

	kil.	kil.
Oxygène pour la combustion du gaz de distillation.	82 $\times$ 3,66 =	300
Oxygène pour la combustion de l'oxyde de carbone.	692 $\times$ 0,571 =	395
Oxygène pour le grillage des minerais (§ 13, tableau I).	3.450 $\times$ 1,016 $\times$ 0,188 =	659
		1.354

La consommation d'oxygène par seconde est $\frac{1354^{k.}}{42.300}$=0$^{k.}$,032; la quantité équivalente d'air est 0$^{kil.}$,139, et enfin le volume de ce même air, 0$^{m.cub.}$,107. La quantité d'air effectivement admise par les orifices du four serait donc un peu inférieure à la quantité strictement nécessaire au grillage du minerai et à la combustion complète du gaz. Ces observations, faites sur un four conduit par un ouvrier soigneux et qui se prêtait à ces recherches, ne représentent pas, on le conçoit, d'une manière absolue l'état des choses dans tout l'atelier où 19 fours pareils étaient en activité. Par leur nature même, les résultats que je viens de présenter ne comportent pas un degré d'exactitude plus grand que le désaccord de 10 p. 100 environ qu'on y remarque entre le calcul et l'observation; d'ailleurs, la quantité d'air admise dans les fours augmente considérablement aux époques de râblage qui durent en tout une heure, soit un douzième du temps total consacré au grillage. Cependant les faits qui viennent d'être rapprochés ne permettent point de douter que l'admission d'une quantité d'air fort limitée ne constitue l'un des points fondamentaux de la théorie du grillage.

L'emploi d'une quantité d'air à peine équivalente à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder le minerai et brûler le gaz combustible, me parut d'abord, au début de ces études, incompatible avec l'opinion ordinairement admise touchant les conditions théoriques du grillage. Je me suis donc appliqué à consulter sur ce point l'opinion des ouvriers : les plus intelligents se sont accordés sur ce fait, que le grillage est d'autant plus parfait et plus économique que la quantité

d'air admise est plus limitée. Leur pratique, d'ailleurs, appuie de tout point ce principe : ainsi, il arrive souvent que les plaques employées pour la fermeture des fours s'usent ou se gauchissent; parfois aussi les ouvriers ne prennent pas la peine de nettoyer exactement la feuillure inférieure des portes de travail. Par ces divers motifs, la fermeture des portes se trouve ordinairement moins complète qu'elle ne l'était dans le four auquel se rapportent les observations précédentes. Les ouvriers sont toujours conduits, dans ce cas, à fermer le registre plus qu'il ne l'était dans le four précédemment cité, où le travail était conduit avec une remarquable perfection. Sur les dix-neuf fours qui étaient en feu dans l'atelier, il y en avait même treize pour lesquels l'orifice du registre était complétement clos et luté avec de l'argile.

Ayant entendu dire qu'une économie considérable avait été obtenue dans l'une des usines du pays, au moyen d'un four de grillage patenté, dans lequel une nappe d'air atmosphérique était introduite par une ouverture rectangulaire, haute de 0m,15 et pratiquée sur toute la face verticale du grand pont, je fis de nombreuses démarches pour être admis dans un atelier fonctionnant dans des conditions si différentes de celles que j'avais observées dans les autres ateliers gallois. Ce four, en effet, dans les conditions qu'on signalait, devait offrir au passage de l'air une section vingt-six fois plus grande que celle qui existe dans le four type précédemment décrit; mais l'étude de ce four de grillage m'offrit une nouvelle confirmation de la pratique universelle du pays, car je reconnus qu'à l'insu du directeur, les ouvriers avaient été conduits à boucher presque complétement les

conduits d'air aboutissant au pont ; en sorte que le prétendu four à nappe d'air intérieure fonctionnait exactement dans les mêmes conditions que les autres fours gallois.

Combustion renversée appropriée à l'admission très-limitée de l'air.

Le fait de l'admission très-limitée de l'air étant démontré par la pratique des ateliers, il reste cependant à comprendre comment les phénomènes de grillage et de combustion peuvent s'effectuer avec une quantité d'oxygène à peine égale à l'équivalent théorique nécessaire à ces deux réactions. Je trouve l'explication de ce fait dans la disposition toute spéciale que la flamme affecte dans le four gallois, disposition que je propose d'appeler *combustion renversée*.

Dans les dispositions ordinaires de la flamme (foyers usuels, appareil d'éclairage, etc.), l'activité de la combustion se porte surtout sur le *contour vertical* et la partie supérieure de la masse gazeuse combustible. Les gaz brûlés restant toujours séparés du gaz combustible et s'élevant incessamment autour de la flamme, entraînent avec eux un excès d'air atmosphérique, et l'on ne peut concevoir une telle combustion dans laquelle il n'y aurait pas intervention d'un excès de ce dernier gaz. Il en est autrement dans la combustion renversée. La flamme et le gaz combustible ont toujours une température incomparablement plus élevée que celle de la couche d'air inférieure ; cet air n'a donc pas tendance à passer au-dessus de la flamme avant d'avoir réagi sur le gaz combustible. Au contraire, dès qu'à la suite de cette réaction l'oxygène s'est transformé en eau et en acide carbonique, dès que ces gaz brûlés ont absorbé la chaleur due à la combustion, et ont

acquis une température plus élevée que celle du gaz combustible, ils s'élèvent aussitôt, laissant de nouvelles particules de gaz combustible se porter vers l'air inférieur et donner aliment à la flamme. Dans un tel état de choses, aucune particule d'oxygène libre ne peut pénétrer dans la couche gazeuse supérieure, qui seule, ainsi que l'observation le démontre (p. 149), est soutirée par la cheminée. Le gaz qui sort de l'appareil doit donc contenir encore les particules de gaz combustible que le mélange des gaz brûlés a préservés du contact de l'air inférieur durant le trajet dans l'intérieur du laboratoire; mais il ne doit y exister aucune trace d'oxygène libre. L'oxygène admis dans le four ne doit donc pas représenter tout à fait l'équivalent chimique des sulfures décomposés et des gaz brûlés dans le laboratoire.

Inconvénients d'une admission considérable d'air.

Pour contrôler par voie d'expérience le principe d'une admission très-limitée d'air atmosphérique et la justesse des considérations exprimées ci-dessus touchant la nature des diverses couches gazeuses du four gallois, j'ai recherché l'influence qu'exerce sur le succès du grillage l'admission d'une grande quantité d'air. En ouvrant complétement le registre latéral et la porte de travail contiguë durant l'intervalle compris entre deux rablages successifs, de manière à admettre l'air par une section 18 fois plus grande que celle qui lui est ordinairement ménagée, j'ai constaté qu'il en résultait les modifications suivantes dans l'allure normale. Le minerai se trouve complétement refroidi et tout grillage se trouve arrêté dans la région de la sole contiguë aux orifices ouverts, tandis qu'au delà, dans une région assez

circonscrite, une combustion trop énergique des sulfures détermine l'agglomération des matières. Le courant de gaz combustible diminue considérablement, de même que la quantité de combustible gazéifié dans la chauffe. Le choc de l'air froid détermine dans la masse gazeuse supérieure des remous prononcés et trouble la régularité de la combustion. La température générale du four diminue elle-même et la flamme atteint à peine le milieu du four; au delà de ce point, les sulfures ne paraissent plus se décomposer : il devient bientôt évident que dans de telles conditions le grillage complet et uniforme d'une charge serait impossible.

Rôle utile des gaz brûlés.

Les gaz brûlés produits par la combustion au contact des deux couches de gaz jouent eux-mêmes un rôle utile dans le laboratoire : ces gaz qui, absorbent toute la quantité de chaleur que la flamme ne disperse pas de suite par voie de rayonnement, ont, au moment de leur formation, une température plus élevée que le gaz combustible supérieur. Ils s'élèvent donc rapidement au travers de ce gaz et viennent frapper contre la voûte à laquelle ils cèdent, en partie, l'excès de leur température. La chaleur accumulée dans cette voûte contribue singulièrement à maintenir l'activité de la réaction entre les deux gaz dont l'un, mélangé de beaucoup d'azote et de gaz brûlés, est médiocrement combustible, et dont l'autre, chargé d'une grande quantité d'acide sulfureux est médiocrement comburant : cette masse de chaleur, est un régulateur indispensable pour la réaction des fours de grillage gallois, et l'expérience prouve que le grillage ne s'opère que fort incomplétement dans les fours

neufs, tant que la voûte n'a point acquis la température convenable. On conçoit que l'épaisseur de la couche de gaz brûlé *ii* (*Pl I, fig.* 2), interposée entre la voûte et le gaz combustible augmente graduellement depuis la chauffe jusqu'à l'extrémité opposée de la sole. Cette circonstance, en rapprochant progressivement la flamme de la sole, balance la diminution d'énergie calorifique due à l'appauvrissement graduel du gaz combustible; réunie aux causes déjà signalées, elle contribue à interrompre toute communication entre les rampants *p p* qui conduisent les gaz à la cheminée, et la couche de gaz oxydant *h* qui recouvre toutes les autres parties de la sole; elle empêche par conséquent que le tirage de la cheminée ne s'emploie à soutirer du fourneau un gaz qui n'y a point encore développé tout l'effet qu'on en peut attendre.

Simplicité et efficacité des moyens d'action propres aux fours de grillage.

En résumé, les fours de grillage gallois réalisent, à l'aide des moyens les plus simples, et avec les soins qu'il est possible d'attendre d'ouvriers ordinaires, un ensemble fort complexe de phénomènes qui, conçus *à priori*, eussent vraisemblablement été considérés comme inapplicables à la pratique des arts industriels.

Un combustible anthraciteux pulvérulent, impropre à l'alimentation des grilles ordinaires, y est transformé en gaz combustible, à l'aide de jets rapides d'air très-échauffé, sans l'intervention d'aucun appareil, d'aucun moteur spécial, et même sans l'assistance de ces barreaux qui, dans les grilles ordinaires, entraînent une si grande consommation de fonte ou de fer. Le gaz combustible, débouchant dans le laboratoire du four avec toute la température due à la gazéification de l'anthra-

cite, y forme une sorte de réservoir horizontal superposé à la couche de minerai qu'il s'agit d'élaborer. Brûlant très-lentement, par sa surface inférieure, c'est-à-dire par une sorte de *combustion renversée*, au contact de l'air atmosphérique qui oxyde en même temps le minerai, ce gaz produit la température uniforme et modérée nécessaire au grillage. Chaque molécule gazeuse réagissante n'est appelée dans la cheminée qu'après avoir séjourné dans le four un temps considérable et y avoir produit tout l'effet attendu, ce qui implique, pour l'oxygène atmosphérique, la conversion complète en gaz brûlés; pour le gaz combustible, toute la combustion compatible avec la quantité limitée d'oxygène introduite dans le four; pour l'un et l'autre gaz, l'abaissement de la température jusqu'au terme où le grillage serait compromis vers l'extrémité du four contiguë aux *rampants* de sortie. L'air admis au travers de la chauffe est l'équivalent chimique exact du combustible solide à gazéifier. L'air admis dans le laboratoire est le minimum de la quantité nécessaire aux réactions qui s'y effectuent; il suit dans son mouvement la marche qui convient le mieux à l'efficacité des réactions et à l'économie de la chaleur; il arrive pur et froid dans la partie du four où il faut surtout produire la réaction oxydante, but essentiel de tout ce travail, et où l'on doit prévenir un échauffement trop rapide des matières; enfin l'air qui n'est point décomposé par le grillage n'arrive au lieu où il doit brûler le gaz combustible qu'après s'être fortement échauffé dans un mouvement ascensionnel d'une extrême lenteur. Les deux gaz de la combustion réagissent donc toujours mutuellement dans les conditions

les plus favorables, c'est-à-dire après avoir l'un et l'autre acquis une température élevée. Au reste, les résultats produits ci-après (p. 168) touchant les conditions économiques du grillage gallois, fourniront la meilleure preuve de la perfection que j'attribue à cette opération. Ces résultats démontrent en effet que la consommation de combustible y est trois fois moindre que dans les autres fours à réverbère employés sur le continent, pour des opérations analogues.

Modifications produites par le grillage dans la composition chimique des minerais.

Les modifications que le grillage introduit dans la composition chimique du minerai ne peuvent être complétement décélées par l'analyse chimique comparative des minerais bruts et grillés, parce que les données de l'analyse ne suffisent pas pour recomposer, par le calcul, des mélanges mécaniques de plusieurs sulfures et de plusieurs oxydes à divers degrés de sulfuration et d'oxydation ; je suis parvenu cependant à me rendre un compte très-approximatif de ces réactions, en discutant d'après la méthode exposée au § 13, plusieurs résultats fournis par l'analyse chimique et par l'observation des ateliers : tels sont surtout la quantité de soufre existant dans les minerais avant et après le grillage (§ 16, 1) ; le changement de poids produit par le grillage sur les principales sortes de minerais (§ 16, 2). Les résultats de ces recherches se trouvent résumés dans le tableau I (§ 13) ; ils sont exposés avec plus de détail dans le tableau suivant :

MATIÈRES PREMIÈRES ET PRODUITS du grillage.		MINERAI de la 1re classe destiné à la fonte II.		MINERAI de la 2e classe destiné à la fonte V.	
		Poids absolu, hebdomadaire.	Poids relatifs.	Poids absolu, hebdomadaire.	Poids relatifs.
Matières premières.					
Minerai brut.	Ox. cuivreux, isolé ou combiné.	3,2	0,004	0,2	0,008
	Cuivre pyriteux.	194,2	0,227	13,4	0,522
	Pyrite de fer Fe Su^2.	191,9	0,224	1,6	0,063
	Sulfures divers.	8,7	0,010	»	»
	Oxyde ferrique.	5,2	0,006	0,4	0,016
	Oxydes divers.	2,3	0,003	»	»
	Quartz et silice.	294,4	0,343	5,4	0,211
	Bases terreuses.	16,0	0,020	0,3	0,012
	Eau et acide carb. combinés..	4,2	0,005	0,2	0,008
Oxygène atmosphérique.		135,0	0,158	4,1	0,160
		855,1	1,000	25,6	1,000
Produits.					
Minerai grillé.	Oxyde cuivreux.	46,2	0,054	2,7	0,105
	Cuivre pyriteux.	96,0	0,112	7,6	0,297
	Sulfure de fer $Fe^2 Su^3$.	95,8	0,112	0,8	0,031
	Sulfures divers.	5,1	0,006	»	»
	Oxyde ferrique.	100,2	0,117	3,0	0,117
	Oxydes divers	5,2	0,006	»	»
	Acide sulfurique combiné . .	9,5	0,011	0,2	0,008
	Quartz et silice.	294,4	0,343	5,4	0,211
	Bases terreuses.	16,0	0,020	0,3	0,012
Produits gazeux.	Acide sulfureux.	182,5	0,214	5,4	0,211
	Eau et acide carbonique.	4,2	0,005	0,2	0,008
		855,1	1,000	25,6	1,000

Balance des matières premières et des produits.

On peut résumer plus succinctement encore les réactions métallurgiques de cette opération par cet autre tableau :

BALANCE DU GRILLAGE DES MINERAIS.

Minerais de la première classe.

Matières premières.		Produits.	
Minerai à griller.	0,842	Minerai grillé.	0.781
		Acide sulfureux.	0,211
Oxygène atmosphérique. . .	0.158	Eau et acide carbonique. . .	0.00
	1,000		1,000

Minerais de la deuxième classe.

Matières premières.		Produits.	
Minerai à griller.	0,840	Minerai grillé.	0,781
		Acide sulfureux.	0,211
Oxygène atmosphérique. . .	0,160	Eau et acide carbonique. . .	0,008
	1,000		1,000

Une suite de pesées m'a permis de constater que l'unité de poids des minerais bruts se trouve réduite par le grillage dans les proportions suivantes :

Minerais de la 1re classe destinés à la fonte II. .	0,928
Minerais de la 2e classe destinés à la fonte V. .	0,930
Ensemble des minerais grillés.	0,928

La recherche directe du soufre contenu dans les minerais avant et après le grillage m'a prouvé que l'unité de poids de cette substance se trouvait réduite par cette opération dans les proportions suivantes :

Minerais de la 1re classe.	0,481
Minerais de la 2e classe..	0,542
Ensemble des minerais grillés	0,483

Quantité considérable de soufre gazéifié par le grillage.

Le gaz acide sulfureux forme les 21 centièmes du poids total des produits, fixes ou volatils, du

grillage; et les 25 centièmes ou le quart du poids des minerais soumis au grillage. Le soufre contenu dans ce gaz forme lui-même les 13 centièmes du poids de ces minerais. L'ensemble du traitement métallurgique produit en acide sulfureux les 56 centièmes, et expulse par conséquent en soufre les 23 centièmes du poids des minerais. Le poids total des minerais fondus dans le sud du pays de Galles étant d'environ 200.000 tonneaux, on y gazéifie annuellement 46.000 tonneaux de soufre environ, produisant 92.000 tonneaux d'acide sulfureux. Les usines groupées près de la ville de Swansea, où se fondent à peu près les 2/3 des minerais importés dans le pays de Galles, projettent ainsi journellement dans l'atmosphère 188 tonnes ou 65.900 mètres cubes d'acide sulfureux. Ce gaz exerce une influence très-nuisible sur la végétation dans un rayon de plusieurs kilomètres autour des fonderies, et le seul aspect du pays prouve que, sous cette influence, la force productive du sol se trouve considérablement amoindrie, surtout dans la direction des vents dominants. Ces exhalaisons des fonderies sont également gênantes, sinon aussi évidemment nuisibles pour la respiration humaine : un voisinage aussi incommode ne peut être toléré que par une population qui tire du commerce et de l'élaboration des minerais de cuivre ses principaux moyens de travail et de richesse. Des efforts persévérants, mais infructueux jusqu'à ce jour, ont été faits pour soustraire à une incommodité aussi grande le voisinage des fonderies; il est à regretter que l'on n'ait encore trouvé qu'une source de dommages dans une matière dont la valeur marchande s'élève au moins à 5 millions de francs.

Caractères particuliers des vapeurs dégagées dans le grillage des sulfures métalliques.

Ici vient se placer une remarque importante. Les gaz exhalés par les fonderies galloises forment autour de ces usines une sorte de nuage blanc tellement épais, que la transparence de l'air s'y trouve complétement détruite. Il m'est souvent arrivé pendant des journées entières, où le vent ramenait vers le sol les gaz sortant des cheminées, de ne pouvoir distinguer dans les parties les mieux éclairées de ces ateliers aucun objet situé à une distance supérieure à 4 mètres. Ces nuages sont extrêmement persistants, et sont parfois encore visibles lorsque le vent les a transportés à 6 kilomètres des usines. Cette opacité des gaz dégagés ne peut être attribuée, comme je l'ai souvent entendu dire, à l'acide sulfureux, car ce gaz est absolument incolore et transparent, soit dans l'air sec, soit dans l'air humide. La transparence de l'atmosphère, ainsi qu'on le peut aisément constater par expérience directe, n'est nullement altérée lorsqu'on y brûle le soufre en grandes masses, et je n'ai jamais observé qu'elle soit troublée par les vapeurs très-chargées d'acide sulfureux qui se dégagent de certaines usines où l'on extrait le soufre des minerais de soufre natif. L'opacité et la couleur blanche des vapeurs dégagées sont, au contraire, dans toutes les usines que j'ai eu occasion d'observer le caractère distinctif des gaz produits par le grillage des sulfures métalliques, et surtout des sulfures de fer et de cuivre. Ce caractère ne me paraît pouvoir être attribué qu'à la présence dans le gaz du grillage d'une proportion considérable d'acide sulfurique. La saveur dominante du gaz des fonderies galloises n'est nullement celle de l'acide sulfureux; c'est exactement celle de ces vapeurs épaisses qui troublent

instantanément la transparence de l'air dans les laboratoires où s'évapore de l'acide sulfurique et où se décomposent des sulfates. Une expérience directe m'a d'ailleurs démontré la présence de l'acide sulfurique dans les vapeurs qui, pendant toute la durée de l'opération, se dégagent des minerais soumis au grillage (§ 16, 3).

Opacité des vapeurs du grillage due exclusivement à l'acide sulfurique; théorie des grillages.

L'opacité des vapeurs sulfureuses du grillage, et par suite la proportion d'acide sulfurique contenu, ne sont jamais plus grandes qu'au moment où la charge est extraite du four. J'en avais d'abord conclu que la proportion de sulfates contenue dans les minerais grillés devait être fort considérable : l'analyse de ces minerais n'a pas confirmé cette prévision (§ 16, 4); plusieurs minerais *n'ont offert* aucune trace d'acide sulfurique; dans aucun *d'eux* la proportion de cet acide n'a été *trouvée supérieure* à 0,022 : la proportion moyenne de 0,014 que j'ai admise dans le tableau I du § 13, est vraisemblablement plutôt au-dessus qu'au-dessous de la teneur moyenne; enfin, l'analyse démontre aussi que l'acide sulfurique, retenu par les minerais grillés, y est combiné avec la chaux et la magnésie plutôt qu'avec les bases métalliques.

De ces faits il résulte que dans les conditions du grillage gallois, les sulfates de fer et de cuivre ne peuvent subsister. J'en conclus aussi que dans tous les grillages de minerais de cuivre sulfurés à gangue de pyrite de fer, le dégagement de l'acide sulfurique est une circonstance aussi habituelle, aussi caractéristique que celle de l'acide sulfureux (1).

(1) La théorie du grillage des sulfures de fer et de

Surveillance de l'atelier de grillage.

Quelque délicates que soient les manipulations du grillage, celles des autres opérations le sont

---

cuivre doit avoir pour point de départ les faits suivants : 1° la réaction directe de l'oxygène sur le soufre ne produit que de l'acide sulfureux transparent; 2° l'acide sulfurique se dégage constamment des sulfures soumis au grillage, bien qu'il n'existe à chaque instant dans le minerai en élaboration qu'une proportion insignifiante de sulfates de fer et de cuivre ; 3° enfin, un minerai partiellement grillé, porté à une température très-élevée, entièrement exempt de sulfates métalliques, dans l'état en un mot où se trouvent les minerais pyriteux au moment où on les retire des fours de grillage, émet toujours, au contact de l'air extérieur, des vapeurs sulfuriques très épaisses.

J'explique le dégagement incessant de l'acide sulfurique en remarquant que le minerai est soumis à des influences de température extrêmement inégales : d'une part, les râblages multipliés, l'ouverture intermittente des portes, l'arrivée plus ou moins régulière de l'air froid, tendent à refroidir les fragments de minerai ; de l'autre, la combustion qui se produit, avec non moins d'intermittence, à la surface de ces mêmes fragments tend à y développer une température fort élevée. Au milieu de ces alternatives multipliées, l'arrivée brusque d'une masse d'air froid à la surface d'un fragment de minerai déjà échauffé y produit nécessairement trois effets successifs et presque instantanés : 1° un abaissement de la température superficielle ; 2° une première réaction à une température rapidement croissante, mais encore insuffisante pour décomposer les sulfates de fer et de cuivre produits à cette température intermédiaire sous l'influence combinée de l'acide sulfureux de l'oxygène en excès et des oxydes métalliques; 3° enfin la continuation de cette même réaction et la production d'une température assez élevée pour décomposer immédiatement les sulfates qui viennent de se former.

L'opacité des vapeurs est due, selon toute vraisemblance, à la précipitation mutuelle de deux gaz transparents, l'acide sulfurique et la vapeur d'eau atmosphérique.

encore davantage, et le défaut d'habileté ou d'exactitude dans les ouvriers y offre des inconvénients plus graves. On se trouve donc obligé de confier la conduite du grillage aux jeunes ouvriers qui débutent ainsi dans les travaux métallurgiques proprement dits. L'emploi d'un personnel peu expérimenté donne lieu de craindre des négligences de travail qui pourraient porter la perturbation dans les travaux postérieurs de la fonderie : aussi, pour les prévenir autant que possible, on soumet toujours les ateliers de grillage à une surveillance assidue. Ce service est confié à d'anciens ouvriers qui se transportent fréquemment, et au besoin à toute heure du jour et de la nuit, auprès des fourneaux. Un simple coup d'œil jeté sur le courant de flamme suffit au surveillant pour constater une irrégularité dans l'état du craya ou de la chauffe; la température acquise par le minerai et par les parois du four lui apprend aussi (l'élaboration commençant toujours à heure fixe) si le travail a été conduit trop vite ou trop lentement; l'agglutination de minerai lui révèle, le cas échéant, que l'admission de l'air n'a pas toujours été convenablement réglée, ou que les râblages n'ont point été exécutés en temps convenable; etc. Cette facilité du contrôle est un des principaux avantages du grillage gallois, en ce qu'elle excite constamment à bien faire les ouvriers qui n'y seraient pas suffisamment portés par sentiment du devoir.

Il n'existe dans l'atelier de grillage aucune chance de perte pour les matières cuivreuses. Les matières entraînées par les rampants en très-petite quantité, sont recueillies dans les rampants horizontaux q (*Pl.* I, *fig.* 2 et 5) compris entre les

rampants partiels et la cheminée commune; les minerais bruts ou grillés qui peuvent se répandre sur les voies de roulage sont balayés avec soin et portés aux dépôts; enfin le service des chauffes, se faisant toujours en dehors de la halle (Voir *Pl.* III, *fig.* 4), le craya, seule matière qui sorte de l'atelier, ne peut dans aucun cas être mêlé aux minerais bruts et grillés qui ne sortent jamais de cette halle.

Nombre de fours nécessaires au grillage.

Le travail des fours où se grillent les minerais est toujours interrompu le dimanche; on traite par semaine dans chaque four, en 12 opérations, $12 \times 3^t,45 = 41^t,4$; il faut donc en moyenne $\frac{741,6}{41,4} = 17,9$ fours en activité pour griller chaque semaine $741^t,6$ de minerais. Dans un atelier de cette importance, le nombre de fours actifs varie effectivement de 16 à 19, en raison des réparations que peuvent exiger certains fours, et surtout de la quantité de minerais bruts disponibles. Les réparations à faire aux fours de grillage étant assez rares, on peut aisément, avec un nombre total de 19 fours, en tenir moyennement 17,9 en activité; la différence entre le matériel total et le matériel constamment actif est plus grande, ainsi qu'on le verra plus loin, pour les fours de fusion, où les causes de détérioration sont plus nombreuses et plus actives.

Lorsque le manque de minerai conduit à interrompre pour quelques jours le travail d'un four, on laisse la grille pleine de combustible, puis l'on y diminue le tirage en bouchant partiellement avec des briques l'orifice des rampants, et en laissant la porte légèrement entr'ouverte.

De temps en temps, on excite temporairement le tirage pour réchauffer le four et le foyer, et l'on recharge la grille de manière à la tenir constamment pleine de combustible : il suffit ensuite de rétablir complétement le tirage pendant quelques heures pour mettre un pareil four en état de recevoir une charge de minerai.

La chauffe est la partie des fours de grillage qui s'altère le plus rapidement : tous les dix-huit mois environ, il faut mettre les fours hors feu pour les réparer : on refait à neuf les quatre parois verticales placées au contact du combustible, le pont qui sépare le foyer du laboratoire, et toute la portion de voûte qui recouvre le pont et la chauffe. La durée de toutes les autres parties est assez variable d'un four à l'autre ; on peut admettre comme résultat moyen que le four tout entier doit être démoli et reconstruit tous les neuf ans. L'année totale se trouve ainsi répartie pour chaque four, eu égard aux jours de travail et de repos : **Réparation des fours ; temps de chômage et d'activité.**

Jours de travail.		294
Jours de chômage :		
Dimanches et fêtes.	56	71
Réparations et mises en feu. . . .	7	
Réserve (avec feu dans la chauffe).	5	
Chômage complet (hors feu) . . .	3	
		365

Le plus remarquable des résultats économiques relatifs au grillage des minerais est la faible quantité de combustible consommée. On ne brûle dans le travail normal que les douze centièmes du poids des minerais bruts. Il n'existe à ma con- **Frais de grillage pour 1 tonne de minerais bruts.**

naissance aucun autre four à réverbère servant au grillage, où un résultat équivalent puisse être obtenu avec une aussi faible consommation de combustible à flamme (1).

Les quantités de main-d'œuvre et de matières consommées, et les dépenses faites pour le grillage d'une tonne de minerais de cuivre, sont indiquées dans le tableau suivant :

---

(1) Plusieurs fondeurs qui m'avaient été signalés comme ayant le mieux conservé la tradition des fonderies galloises m'ont assuré que l'emploi de l'anthracite menu, au moyen des grilles de craya, était déjà usuel dans le dernier siècle. Cependant la notice publiée en 1823 par M. J.-H. Vivian touchant la description de la méthode galloise ne signale point l'emploi de l'anthracite dans les fours de grillage : les dessins, publiés en 1825 par MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont (Annales des mines, 1re série, t. XI), et en 1834 par M. de Billy (Annales des mines, 3e série, t. V), semblent désigner des grilles propres à brûler de la houille ordinaire; ce qui prouve qu'à cette dernière époque les fours à anthracite n'étaient point encore d'un usage universel. M. de Billy annonce d'ailleurs expressément que les fours de grillage consommaient, en 1834, 0t,50 de *houille* par tonne de minerai brut à griller. Ce rapprochement démontre suffisamment l'énorme supériorité du mode spécial de combustion imaginé par les ouvriers gallois, et justifie l'étendue donnée dans le présent travail, à la description de cette mémorable découverte.

Après avoir cité les auteurs qui ont traité de la méthode galloise, qu'il me soit permis de rappeler que l'initiative de ces publications est due à M. J.-H. Vivian, l'un des principaux fondeurs du pays. Ancien élève de l'école de Freyberg, M. Vivian y a puisé, outre les connaissances scientifiques, les sentiments de bienveillance avec lesquels il accueille les savants étrangers.

I. *Frais de grillage pour une tonne de minerais bruts.*

MAIN-D'OEUVRE ET MATIÈRES.	JOURNÉES.	SALAIRES journaliers.	DÉPENSE totale.
Main-d'œuvre.		shil.	shil.
Ouvriers rouleurs. — Transport du minerai brut au plan inférieur.	0,046	1,75	0,081
Idem. — Transport du minerai brut au plan supérieur.	0,046	1,83	0,084
Machiniste, chauffeurs. — Conduite de la machine à vapeur.	0,007	4,00	0,028
Ouvriers grilleurs. — Grillage du minerai et travaux accessoires..	0,168	2,17	0,365
Idem. — Transport du minerai grillé. . . .	0,069	2,17	0,150
Ouvriers supplémentaires. — Transport du minerai grillé.	0,024	1,50	0,036
Surveillance du travail..	0,016	3,50	0,056
	0,376	2,13	0,800
Matières.	tonnes.	Prix de la tonne.	
Combustible pour le grillage proprement dit.	0,121	4,69	0,567
Idem pour les travaux accidentels. .	0,010	4,69	0,047
Idem pour la machine à vapeur . . .	0,002	6,00	0,012
	0,133	»	0,626
Briques réfractaires.	0,0036	22,00	0,079
Entretien du mobilier : machine à vapeur, plan incliné, brouettes, râbles, etc. . . .	»	»	0,047
Total des frais. . .	. . . . .	. . . . .	1,552

Le tableau I, inséré dans le § 13, résume succinctement toutes les réactions métallurgiques relatives au grillage des minerais; il m'a donc semblé superflu d'en traiter ici d'une manière plus explicite.

§ 4. — IIe OPÉRATION. — *Fabrication de la* matte bronze, *ou fonte des minerais pauvres* (*bruts et grillés*).

But de l'opération.

Cette opération, en quelque sorte fondamentale, a pour objet de séparer le cuivre des gangues terreuses et d'une partie de l'oxyde de fer qui abonde dans les minerais pauvres grillés. A cet effet, on s'applique à répartir, par une fusion opérée à une très-haute température, toutes les matières du lit de fusion en trois produits que sépare naturellement la violence du feu. Une matte de médiocre richesse, composée essentiellement de sulfures de cuivre et de fer, dans laquelle on se propose de concentrer la totalité du cuivre; une scorie dans laquelle se réunissent les gangues terreuses, l'oxyde de fer et les autres matières fixes; enfin des gaz composés essentiellement d'acide sulfureux et des autres matières volatiles qui se peuvent former à l'aide de la chaleur ou par la réaction mutuelle des matières mises en présence. La partie de ce programme dont l'exécution offre le plus de difficultés, celle cependant dont le succès importe le plus à la prospérité de l'usine et plus généralement à l'économie sociale, consiste à concentrer dans la matte tout le cuivre contenu dans le lit de fusion ; car les scories étant rejetées comme matière sans valeur, la portion de cuivre qui y reste se trouve

complétement perdue pour la société. Ce but n'est point tout à fait atteint par la méthode galloise : il faut même avouer que cette méthode se trouve décidément inférieure à certaines méthodes du continent, lesquelles, eu égard à l'économie de la matière cuivreuse, peuvent être à bon droit considérées comme classiques. L'attention des fondeurs gallois est vivement excitée à corriger, autant que possible par la perfection du travail, le vice inhérent à la méthode : on peut dire que cette préoccupation, justement balancée par les considérations d'économie auxquelles il faut toujours subordonner l'emploi du travail et des matières, imprime à cette deuxième opération ses caractères les plus distinctifs.

Matières passées dans cette fonte : combustible employé.

Les matières cuivreuses passées dans cette fonte sont les minerais grillés de la première classe et les minerais bruts de la troisième ; on y associe, pour tirer parti du cuivre qu'elles contiennent, des scories riches en cuivre provenant des opérations IV, V et VII. Cette addition de matières très-fusibles, essentiellement formées de silicate de fer, favorise en outre la fusion du quartz et de l'oxyde de fer qui abondent dans les minerais et qui, sans l'intermédiaire de cet agent, réagiraient difficilement l'un sur l'autre. On ajoute directement au lit de fusion le fondant fluoré dont la composition a été indiquée (§ Ier, pag. 71). Enfin quelques éléments terreux qui ne paraissent point être nuisibles à la constitution de la scorie produite dans la IIe opération s'y introduisent spontanément par l'action qu'exercent les matières en fusion sur la sole et les parois du four.

Le combustible est un mélange de 0,68 d'an-

thracite menu à 4$^{shil.}$,50 la tonne et de 0,32 de houille également menue, à 6 shillings la tonne; la tonne du mélange coûte donc 4$^{shil.}$,98.

Transport intérieur des matières.

Les minerais grillés (1re classe) qui forment la plus grande partie du lit de fusion, ont été préalablement transportés (voir § 3, p. 119) dans des dépôts *ii* (*Pl.III*, *fig.* 4) situés en contre-bas du sol, dans la ligne des fourneaux de grillage, en regard d'une ligne parallèle de fourneaux de fusion séparée seulement de la première par un intervalle de 8 mètres. Les minerais bruts et les fondants sont amenés à ces mêmes dépôts, par la même voie et par les mêmes ouvriers qui transportent les minerais à griller de la cour inférieure aux trémies de grillage: seulement, au lieu de renverser dans les trémies le contenu des brouettes, les rouleurs de l'étage supérieur le versent dans les compartiments des dépôts inférieurs assignés à chaque sorte de matière. Les scories des opérations IV, V et VII sont amenées aux fours n° II par les ouvriers mêmes qui produisent ces sortes de scories. En résumé, les seuls transports spéciaux que l'opération II exige, sont ceux du lit de fusion et du fondant depuis les dépôts des fours de grillage jusqu'aux trémies des fours de fusion n° II. Je décrirai ce travail en même temps que celui de la fusion proprement dite, parce que l'un et l'autre sont exécutés par les mêmes ouvriers.

Personnel attaché à l'atelier spécial; attributions; salaires.

Chaque fourneau de fusion n° II est desservi par deux ouvriers, hommes faits de vingt-cinq à cinquante-cinq ans: chacun d'eux travaille seul pendant douze heures, ou plutôt élabore successive-

ment trois charges exigeant chacune environ quatre heures de travail. Les postes changent le matin et le soir. Le travail de jour étant toujours préféré au travail de nuit, les deux ouvriers préposés à la conduite d'un four s'arrangent toujours de sorte que celui qui pendant une semaine entière a eu les postes de jour, ait pendant la semaine suivante les postes de nuit. Le travail de chaque ouvrier n'est point indépendant de celui de son camarade : l'ouvrier négligent qui laisse tomber la température du four au-dessous du terme convenable, qui permet aux matières de former sur la sole des agglomérations infusibles, etc., lègue de sérieux embarras au poste suivant. Il arrive d'ailleurs ordinairement, ainsi qu'on l'indiquera plus loin, que deux postes successifs contribuent l'un et l'autre à l'élaboration de certaines charges. La conduite d'un four de fusion entraîne donc, entre les deux ouvriers à qui elle est confiée, une véritable association; aussi les directeurs d'usines laissent-ils aux ouvriers la liberté de se choisir mutuellement. Le salaire accordé varie un peu selon la nature des matières à élaborer et la composition des charges. Ordinairement on accorde $1^{\text{shll.}}$,42 par charge de 1^{t},050 composée de 1 tonne de minerais et de 0^{t},050 de fondant fluoré : lorsqu'en sus de ces proportions il faut ajouter une nouvelle dose de fondant, le salaire par charge n'est point augmenté. On ne compte pas non plus dans la charge les scories riches passées comme fondant, ni les scories de la fonte même que les ouvriers doivent repasser quand elles ne sont pas suffisamment appauvries. Dans ce contrat, on paie en résumé $1^{\text{shll.}}$,42 par tonne de minerais passés dans le fourneau, sans avoir égard aux réactifs né-

cessaires au traitement. Le salaire journalier qui résulte de ce tarif, varie selon le nombre de fontes que les ouvriers peuvent exécuter en une semaine de travail, et ce nombre varie lui-même à raison de leur habileté. Dans les conditions ordinaires où les deux ouvriers accomplissent 30 fontes par semaine, le salaire journalier de chacun d'eux monte à 3shil.,79.

Un garçon de onze à quinze ans, payé journellement 0shil.,85 et travaillant seulement pendant le jour, est chargé d'approcher le charbon, d'enlever le craya et de trier les fragments charbonneux qui tombent au fond du cendrier. La même disposition se retrouve dans les autres fours de fusion : il n'y a que les fours de grillage dans lesquels le service de l'approvisionnement et du nettoyage des grilles soit confié aux ouvriers chargés des autres parties du travail.

Enfin d'autres ouvriers ont pour fonction de reprendre la matte dans le réservoir où elle tombe à la sortie du four et de la transporter à proximité des fours de grillage n° III; ils sont choisis parmi les hommes les plus vigoureux; car on réduit par là le nombre d'ouvriers nécessaires à ce service, et l'on entrave le moins possible la libre circulation au milieu de l'atelier. Ordinairement un ouvrier reprend et transporte la matte produite dans huit fours de fusion n° II; il est payé 0shil.,33 par tonne de matte, ce qui équivaut à un salaire journalier de 4shil.,38.

Conduite du feu; disposition particulière du craya.

La conduite du feu dans le four de fusion n° II, diffère notablement de ce qui a été décrit pour les fours de grillage n° I. La chauffe, avec la même forme et à peu près les mêmes dimensions (*Pl. II*,

fig. 2), a encore pour base une masse épaisse de craya *b b*, au travers de laquelle l'air s'introduit rapidement par minces filets *e e*, pour se porter sur les fragments charbonneux et s'y transformer en oxyde de carbone.

Mais ce gaz combustible, réuni à celui qui résulte de la distillation de l'anthracite et de la houille, n'arrive plus intact sous la voûte du laboratoire; il se mêle dans le foyer même à un ou deux gros courants d'air atmosphérique peu ou point modifié par la combustion. Ces courants s'établissent sous l'influence du tirage au travers d'un ou deux conduits *d d* ménagés dans le craya comme ceux qui servent à la gazéification du carbone, mais beaucoup plus gros que ces derniers. Ces larges conduits pénètrent plus avant dans le combustible, et livrent passage à une quantité d'air considérable qui ne peut être essentiellement modifiée pendant la durée de son trajet au milieu de la masse charbonneuse. Le gaz combustible et l'air portés isolément à une haute température se mélangent, à leur sortie du foyer, sous l'influence du mouvement rapide et des remous qui leur sont imprimés par le tirage; de là résultent une réaction vive et une flamme intense. Cette flamme remplissant tout le vide intérieur de l'appareil agit à la fois par le choc et par le rayonnement, tant sur les matières à élaborer que sur les parois du four. Elle conserve encore une température fort élevée dans le rampant *l l*, par lequel tous les gaz mis en mouvement dans le four débouchent au bas de la cheminée *m m*. Un petit trou percé dans la porte de travail permet à l'ouvrier de juger, par l'intensité de l'éclat lumineux, de toutes les circonstances de la combustion : c'est en effet, pour

un œil exercé, un thermomètre aussi simple qu'infaillible. Dès que l'éclat lumineux diminue, le chauffeur est par cela même averti qu'il se présente une de ces deux circonstances, savoir : que la grille est trop ou trop peu chargée de combustible solide, ou bien que les deux espèces de gaz qui sortent de la chauffe ne sont pas dans les proportions relatives qui conviennent pour la production de la plus haute température.

Indices qui servent à régler la conduite du feu.

La première cause de dérangement ne se produit jamais que par la négligence des ouvriers : on s'aperçoit de la trop grande accumulation du combustible solide dans la chauffe en ce que la quantité et la température de la flamme diminuent considérablement : on y remédie en retardant l'époque de la charge suivante de combustible, et en faisant tomber une partie du craya inférieur. Le dérangement contraire est plus commun et se produit naturellement quand l'ouvrier oublie de charger le combustible en temps convenable : il se manifeste dans la grille par le vide qui s'y produit, et dans le laboratoire par une flamme courte, très-vive près du pont, mais qui parvient à peine au rampant et laisse refroidir la partie antérieure du four. Pour rétablir dans ce cas l'état normal, l'ouvrier doit procéder par charges trois ou quatre fois plus fréquentes qu'à l'ordinaire; il ne doit guère jeter à la fois que des demi-charges se succédant à 20 minutes de distance. Si, en effet, le chauffeur s'empressait de combler avec du combustible frais le vide produit dans le foyer, celui-ci s'obstruerait; la température du four baisserait rapidement, les matières en élaboration se prendraient en masse sur la sole, et il faudrait ensuite un temps

considérable et une énorme dépense de combustible pour porter de nouveau la masse à l'état de fusion.

Si la grille est chargée comme il convient, les inconvénients d'un dosage inexact du gaz produit ou admis dans le foyer se manifestent également par des signes infaillibles toujours accompagnés d'une diminution de la température. Un excès d'air donne une flamme courte, insuffisante pour chauffer l'extrémité du four voisine du rampant; un excès de gaz combustible se manifeste par une flamme manquant de vivacité et qui se ranime vivement près de la porte de travail sous l'influence du jet d'air qui se précipite de la petite ouverture qui y est pratiquée. Dans l'un ou dans l'autre cas, on rétablit aisément l'équilibre, soit en élargissant légèrement les petits conduits *e e* qui servent à produire l'oxyde de carbone dans toute la section de la chauffe, soit en élargissant les grands conduits *d d* qui servent à l'admission de l'air.

Les phénomènes de température propres aux fours de fusion diffèrent, comme on voit, de ceux qui ont lieu dans les fours de grillage : ils s'expliquent en premier lieu par la combustion vive qu'on y développe et qui offre analogie, sinon identité, avec celle de tous les fours à réverbère où se produisent des températures élevées; ils résultent en second lieu de ce que le four de fusion, avec un volume intérieur trois fois moindre que celui des fours de grillage, reçoit dans l'unité de temps cinq fois plus de gaz combustible que ce dernier; d'où il suit que chaque unité de volume y est soumise dans l'unité de temps à l'influence d'une quantité de combustible quinze fois plus considérable.

Quantité et vitesse des gaz admis dans les fours de fusion.

La chauffe d'un four de fusion gazéifie pendant la durée d'un poste de 12 heures, pour l'élaboration de trois charges, 1t,677 de combustible solide : celui-ci en réagissant sur 1t,635 d'oxygène, ou 7t,106 d'air atmosphérique, produit :

Gaz combustible produit par distillation.	0t,356	8t,783
Oxyde de carbone.	2,861	
Azote.	5,471	
Craya.	0,095	

La quantité d'air atmosphérique, équivalente au gaz combustible contenu dans le mélange, quantité qu'il faut admettre au travers de la grille pour produire dans le laboratoire le plus grand effet calorifique, est 12t,764. Ces masses de gaz, déduction faite du temps où le tirage est suspendu, traversent le four en 11 heures 15 minutes. Les divers gaz qui y passent par seconde ont donc les poids et les volumes indiqués ci-après :

	Poids. kil.	Vol. à 0° m.cub.
Gaz combustible produit par la distillation.	0,009	0,014
Oxyde de carbone.	0,072	0,058
Azote.	0,137	0,108
Air atmosphérique.	0,320	0,246
Total.	0,538	0,426

Ces gaz étant portés dans le four à une température pour le moins aussi élevée que celle des fours où se fait la deuxième fusion de la fonte, on peut admettre que le volume calculé pour la température ordinaire s'y trouve au moins sextuplé. Le volume moyen des gaz débouchant par chaque seconde dans le laboratoire est donc au moins de 2m.cub.,556, soit 20 fois plus grand que dans le cas des fours de grillage.

Le volume intérieur du laboratoire étant de $4^{m.cub.}$,6, chaque molécule du courant de flamme n'y séjourne en tout que 1'',8 ; les mêmes molécules, indépendamment des vitesses très-considérables qui leur sont imprimés en sens divers par les remous, se transportent du pont au rampant, avec la vitesse moyenne, fort modérée, de 2^m,20 par seconde.

Toutes les parties du four de fusion (*Pl. II*, *fig.* 1 à 5) sont parfaitement appropriées à la destination qu'elles ont à remplir : on y gazéifie une quantité de combustible quadruple ou quintuple de celle qui, dans le même temps, est gazéifiée dans les fours de grillage, d'une part, en augmentant la section de la chauffe dans le rapport de 100 à 175; de l'autre, en imprimant aux gaz admis dans le foyer une vitesse double ou triple de celle qui règne dans le foyer du four de grillage : on emploie à cet effet une cheminée spéciale *m m* de grande dimension, où les gaz sont introduits à une température extrêmement élevée. Aucune ouverture latérale ne permet à l'air extérieur de refroidir le courant de flamme; le seul orifice qui y soit pratiqué pour la sortie de la matte est toujours rempli de matière liquide ou solide, et ne peut livrer passage à l'air. Par une disposition aussi simple qu'efficace, et dont l'introduction dans la métallurgie européenne me paraît remonter à l'invention du four à plomb carinthien, une seule porte *p p* pratiquée à l'extrémité du laboratoire permet à l'ouvrier d'agir avec le râble sur toutes les matières en élaboration sur la sole. Il suffit d'ouvrir cette porte pour suspendre le tirage au travers de la chauffe, et par suite

Disposition avantageuse des fours de fusion.

la consommation du combustible. Mais l'air extérieur, appelé au travers de la porte, se rendant immédiatement dans le rampant *ll* contigu, n'arrive jamais au contact des matières en élaboration ou des parois du four; il ne contribue donc en rien à les refroidir. Comme d'ailleurs les réactions propres au four de fusion s'exercent spontanément entre les matières mises en présence, et n'exigent de la part de l'ouvrier qu'une intervention rare et de courte durée, il n'est pas nécessaire ici de conserver à la porte la mobilité qui est indispensable dans d'autres opérations. Les fissures comprises entre cette porte et les parois du four peuvent être lutées avec de l'argile pendant la majeure partie de l'intervalle compris entre deux chargements successifs : le four n'est donc refroidi de ce côté que par le mince filet d'air qui s'introduit par le petit trou de $0^m,015$, pratiqué au milieu de la porte pour la surveillance du travail.

Manipulations relatives à l'élaboration complète d'une charge. L'élaboration d'une charge commence à l'instant où les produits de la charge précédente étant enlevés comme on le dira plus loin, l'ouvrier fait tomber sur le milieu de la sole la partie pulvérulente de la charge accumulée à cet effet dans une trémie *ii* placée au-dessus de la voûte. Cette première partie comprend les minerais bruts et grillés et souvent le fondant; les scories à repasser étant ordinairement en gros fragments, ne peuvent être chargées de la même manière : on les dépose provisoirement sur le sol de la fonderie, à proximité de la porte *pp*.

Composition moyenne des charges. La composition des charges subit, d'une usine à l'autre et même dans chaque usine, selon la nature des minerais, d'assez grandes variations.

Lorsque les minerais sont très-fusibles; lorsque d'une part l'addition d'un fondant est inutile, et lorsque de l'autre les scories, en raison de leur consistance fluide, peuvent être presque en totalité débarrassées des mélanges de matte cuivreuse : lorsqu'enfin on n'attache pas une grande importance à réduire autant que possible la perte en cuivre, on peut porter dans la charge le poids des minerais jusqu'à $1^t,20$. Mais, pour obtenir de la plupart des minerais une scorie convenablement fluide, il faut introduire dans la charge $0^t,04$ à $0^t,08$ de fondant fluoré. Dans les fonderies où l'on attache de l'importance à appauvrir autant que possible les scories, il faut en outre repasser dans le lit de fusion $0^t,06$ à $0^t,09$ de scories de la fonte même. Dans beaucoup d'usines le poids de la charge de minerai se trouve souvent réduit par ces diverses causes à 1 tonne.

Lorsqu'on se préoccupe d'apprécier la résistance que chaque charge oppose à la fusion, on ne doit tenir compte que des minerais proprement dits, du fondant et des scories de l'opération même; car les scories ferreuses des fontes IV, V et VII accélèrent dans tous les cas la fusion au lieu de la retarder : les fondeurs, dont le salaire s'accroît en raison du nombre de charges passées par semaine dans chaque fourneau, recherchent beaucoup ces scories et veillent à ce qu'elles soient également réparties entre tous les fours de fusion n° II. La quantité de ces scories est naturellement fixée par le roulement même de l'usine : elle a considérablement augmenté depuis vingt ans par suite de l'importation de ces minerais riches oxydés et sulfurés d'origine étrangère qui fournissent aux opérations IV, V et VII

leurs principales matières premières. Le poids des matières réfractaires de chaque charge varie ordinairement de $1^{t},05$ à $1^{t},20$ et le poids des scories favorables à la fusion, de $0^{t},15$ à $0^{t},20$. On ne peut rester au-dessous de ces limites sans augmenter notablement la quantité de combustible consommée pour un poids donné de minerai; en allant au delà on compromettrait le succès de la séparation mécanique de la scorie et de la matte, en raison du trop grand effort imposé à l'ouvrier, lors de l'enlèvement de la scorie. Pour ce qui concerne le travail accompli par semaine dans chaque fourneau, il est indifférent de s'approcher plus ou moins de l'une ou de l'autre de ces limites, parce que la durée de la fusion d'une charge augmente à peu près dans la même proportion que son poids. Un pesage exact des quantités de matières passées sous mes yeux pendant quinze jours dans un fourneau de fusion nº II, où l'on traitait des minerais de qualité ordinaire, a donné les résultats suivants pour la composition moyenne d'une charge :

Minerais grillés		$0^{t},896$	$1^{t},000$	$1^{t},122$
Minerais bruts		0,104		
Fondant fluoré			0,051	
Scories de la fonte même, à repasser			0,071	
Scories fusibles	de l'opération IV		0,106	0,178
Idem	de l'opération V		0,063	
Idem	de l'opération VII		0,009	
			Total	1,300

L'ouvrier, ainsi qu'il est indiqué ci-dessus, commence son travail en faisant tomber sur la sole $1^{t},051$ de minerais et de fondants; il referme ensuite le registre de la trémie et étale

rapidement en couche uniforme, au moyen du râble, les matières qui se sont d'abord accumulées au milieu de la sole. Saisissant ensuite avec la main les plus gros morceaux des scories de diverses origines, déposées devant la porte de travail, il les lance sur toutes les parties de la sole, et termine au moyen de la pelle le chargement des morceaux. La charge ainsi faite, l'ouvrier baisse la porte de travail et la lute soigneusement contre la paroi contiguë.

A partir de ce moment, l'élaboration de la charge est abandonnée pendant 3^h 1/2 environ, à la seule influence de la chaleur, et l'ouvrier consacre tout son temps à la conduite du feu et au transport des matières. Il suit, pour ce qui concerne ce *premier* travail, les règles précédemment tracées : dans l'allure régulière, il n'a autre chose *à faire qu'à détacher* de loin en loin la partie inférieure du craya, à rétablir avec le ringard, dans la partie supérieure, à demi pâteuse, les orifices qui tendent à s'obstruer, enfin à charger le combustible solide à la surface de la chauffe. Il s'écoule, moyennement 1^h $12'$, entre deux charges successives; chacune de ces charges pèse 0^t,168 : uniformément répartie sur la surface totale de la chauffe, elle occupe une épaisseur moyenne de 0^m,08. Cette épaisseur est double de celle qui convient aux fours de grillage, parce que la plus grande énergie du tirage permet ici de mieux surmonter les résistances qu'une nouvelle charge de combustible oppose au mouvement des gaz. Cette charge se fait d'ailleurs comme dans les fours de grillage : l'ouvrier refoule d'abord avec un râble, vers la partie postérieure de la chauffe, le combusti-

Élaboration presque spontanée de la charge.

ble précédemment accumulé du côté de la porte *z*, puis il jette à la pelle du combustible frais jusqu'à ce que cette porte soit de nouveau complétement close. Ce travail doit être conduit très-rapidement, afin que le four soit le moins possible refroidi par le vif courant d'air froid que le tirage de la cheminée appelle au travers de la porte.

Emplissage des trémies pour la charge suivante.

Le pesage de la partie pulvérulente de la charge et l'emplissage des trémies absorbent la plus grande partie du temps des ouvriers. Quatre fondeurs, dont les fourneaux marchent en quelque sorte de conserve, réunissent à cet effet leurs efforts et se distribuent le travail de la manière suivante. L'un d'eux, pénétrant avec plus ou moins de difficulté dans les diverses subdivisions du dépôt *i i* des minerais bruts ou grillés et du fondant fluoré (*Pl. III, fig.* 4), y emplit une bâche de bois qui, chargée plus ou moins comble, doit toujours contenir 1 quintal = $0^t,05$ de matière ; il apporte cette bâche sur le plateau d'une balance facilement transportable, ordinairement placée près de l'entrée du dépôt. Ce lieu de pesage doit être aisément accessible pour les ouvriers qui sont ensuite chargés de transporter le minerai aux trémies ; il est essentiel en effet que ceux-ci, obligés de marcher rapidement avec un poids considérable sur la tête, ne rencontrent pas sur leur chemin les obstacles que produit souvent dans l'intérieur du dépôt l'inégale accumulation des minerais versés du haut de la voie de roulage *m m* (*Pl. I, fig.* 3). L'un des plateaux de la balance étant chargé d'un poids équivalent à un quintal augmenté de la tare des bâches, le peseur plaçant la bâche pleine dans l'autre plateau établit rapi-

dement l'équilibre, souvent en enlevant un léger excédant de matière, rarement en ajoutant un peu de cette même matière placée à cet effet sous sa main. Les deux autres ouvriers, se succédant à des intervalles égaux, élèvent immédiatement les bâches sur leur tête, avec l'aide du peseur; ils se transportent au four qu'il faut charger, s'élèvent au moyen d'une petite échelle mobile au niveau de la trémie, y versent le contenu de la bâche, et reviennent à la balance rapporter la bâche vide et prendre une nouvelle charge. Abandonnés à eux-mêmes, les ouvriers, qui sont intéressés à passer beaucoup de charges dans un temps donné, pourraient être conduits à négliger les minerais les plus réfractaires, et à restreindre le poids des charges. Le propriétaire doit donc faire constater que les dosages et les poids absolus sont conformes au règlement d'après lequel le prix de fusion de la charge a été fixé : c'est dans ce but qu'un contre-maître, placé près de la balance, contrôle le travail que je viens de décrire et constate que la charge de chaque four est convenablement composée. Les minerais sont repris moyennement à 3 mètres en contre-bas du sol; l'orifice des trémies s'élève à 2m,50 au-dessus; les minerais sont donc élevés à la hauteur de 5m,50; la longueur moyenne du transport horizontal est de 40 mètres.

Enlèvement des scories produites.

Les fondeurs sont également chargés de transporter les scories résultant de la fusion dans un dépôt spécial *tt* (*Pl. III*, *fig.* 4), établi en plein air, à proximité du plan incliné *ss* par lequel les résidus de la fonderie sont élevés au niveau supérieur des haldes *pp*. Ces scories moulées, sous la forme de quatre gros pains quadrangulaires, pe-

sant ensemble $0^t,875$, sont aisément tirées, à l'aide d'un crochet, sur une brouette de fer à petite roue et sans pieds qu'on approche à cet effet de la scorie encore rouge. L'ouvrier transporte ainsi à chaque fois, indépendamment de la brouette même, un poids moyen de $0^t,22$ à une distance moyenne de 65 mètres. Ces pains, lorsqu'ils sont refroidis, sont cassés et triés, comme on le dira plus loin, par des contre-maîtres chargés de contrôler le travail de la fusion. Dans les conditions moyennes, par suite de ce triage, on restitue aux ouvriers, sur le produit de chaque fusion, $0^t,071$ de scories; celles-ci sont ramenées pour être refondues au four qui les a fournies.

Brassage des matières en élaboration.

Ces divers transports que séparent d'assez nombreux intervalles de repos, étant accomplis, l'ouvrier observant plus attentivement l'intérieur du four, cherche à distinguer le moment où il convient de faire le brassage des matières en élaboration. En exerçant ses yeux à supporter l'éclat de la haute température du four, et, au besoin, en s'aidant de verres colorés, on peut constater qu'une demi-heure après la fermeture de la porte de travail, les scories fusibles qui recouvrent la charge commencent à se liquéfier; on remarque également que ce liquide sillonne en tous sens les matières pulvérulentes du lit de fusion, s'y infiltre çà et là ou se rassemble à sa surface par petites nappes fluides. La proportion de silicate fluide augmente rapidement : bientôt ce silicate commence à bouillonner légèrement sous l'influence de gaz qui se dégagent de l'intérieur de la masse; cette agitation met en contact plus intime le silicate fluide avec les matières qui doivent composer la nouvelle scorie et

en déterminer progressivement la dissolution; tandis que les éléments de la matte rapprochés par le départ de ces matières commencent à réagir et à produire de nouveaux gaz. Peu à peu la formation et le départ réciproque des deux produits de la fusion s'accomplissent : la matte se rassemble dans la partie inférieure de la sole : la scorie beaucoup plus volumineuse forme la surface du bain. 3 heures 50 minutes environ après le commencement de l'opération, ces réactions métallurgiques paraissent être terminées : le bouillonnement produit vers le milieu de l'opération par le dégagement des gaz a pris fin; on ne voit plus s'élever à la surface du bain que de rares bulles qui y produisent une sorte de boursouflement : on reconnaît ainsi que malgré l'élévation considérable de la température, la scorie, produit définitif de l'opération, *est moins fluide* que celles qui s'étaient liquéfiées par la première impression de la chaleur. On remarque sur le pourtour de la sole et çà et là à la surface du bain des agglomérations de matières non liquéfiées qui paraissent y surnager comme ferait une écume. L'ouvrier choisit toujours, pour faire un brassage, le moment où ces apparences se présentent. Il ouvre la porte et laboure avec un râble la surface de la scorie pour détacher les matières qui peuvent être adhérentes, soit au fond, soit au pourtour; il désagrége ainsi ces matières et les met en dissolution dans la masse de la scorie. Ayant fait tirer hors du four des fragments de ces écumes ou masses agglomérées, j'ai toujours reconnu qu'elles se composaient essentiellement de nombreux fragments de quartz et de grenailles de matte empâtés par le silicate qui compose essentiellement la scorie. Le brassage opéré par l'ou-

vrier a essentiellement pour objet, en premier lieu, d'isoler et de mettre en suspension dans la scorie chacun de ces fragments de quartz; en second lieu, de dégager les grenailles de matte qui tombent aussitôt au fond du bain. Le râblage terminé, l'ouvrier referme la porte de travail; il retouche au besoin le craya et le dispose de telle sorte que pendant cette dernière époque de la fusion, la température du four soit portée au terme *maximum* que la nature des choses permette d'obtenir. L'ouvrier fait alors tous les préparatifs de la coulée : il relève à la pelle la masse de sable accumulée sur le sol, au-dessous de la porte de travail (*Pl. II*, *fig.* 1 et 2) : après en avoir nivelé la surface, il y pratique quatre cavités de forme rectangulaire, destinées à recevoir et à mouler grossièrement les scories. Le centre de l'un de ces moules désigné (*Pl II*, *fig.* 1) par le n° 1, correspond à la ligne verticale passant par le milieu du bord extérieur de la table de fonte qui forme le seuil de la porte de travail *pp*; il en résulte que la scorie tirée au dehors de la porte se précipite toujours dans ce premier récipient. Les trois autres moules sont pratiqués de part et d'autre de cette cavité centrale, le long de la paroi du four : les digues de sable qui les séparent sont disposées de telle sorte que lorsque le moule n° 1 est rempli, la scorie qui continue à y affluer coule d'abord dans le n° 2, puis dans le n° 3; lorsqu'enfin ces deux derniers sont remplis, le trop-plein du n° 1 commence seulement à couler dans le moule n° 4, en se déversant pardessus une digue plus élevée que les autres.

Coulée de la matte et tirage des scories.

Un quart d'heure environ après la fin du brassage, l'ouvrier commence la coulée en débouchant

avec précaution, au moyen d'un ringard pointu, l'orifice qui correspond à la partie inférieure du récipient intérieur *oo* (*Pl. II*, *fig.* 1 et 5) : le mince filet de matte liquide qui sort aussitôt tombe de la gouttière en fonte *rr* dans le réservoir en tôle *uu*, que rafraîchit au besoin un courant d'eau froide. La matte s'y divise en petites grenailles ayant au plus la dimension d'une lentille, et en moyenne celle d'un grain de chènevis. Le fondeur ouvre ensuite la porte de travail et commence à tirer la scorie hors du four : les détails de cette manipulation, une des plus délicates et des plus caractéristiques de la méthode galloise, diffèrent essentiellement de ce qu'on peut observer dans les fonderies du continent. La pratique adoptée est la conséquence nécessaire de la nature toute spéciale de la scorie. La base de la scorie galloise est, comme on le verra plus loin, un silicate ferreux qui, considéré isolément, jouit d'une grande fusibilité. Mais cette masse fluide tient en suspension une multitude de fragments de quartz et de roches quartzeuses dont la dimension varie depuis la grosseur d'une pointe d'épingle jusqu'à celle d'une noix : ces fragments, si abondants qu'ils se touchent presque, produisent le même effet que des matières terreuses en suspension dans l'eau ; elles communiquent à la masse une consistance boueuse si prononcée que l'immersion brusque du ringard développe seulement à la surface de ce liquide imparfait deux ondulations qui se propagent à peine à $0^m,30$ au delà du centre d'ébranlement. On ne pourrait réussir à extraire la scorie du four en lui offrant simplement une issue inférieure au niveau de la surface : il faut nécessairement recourir à l'emploi du râble comme on le fait pour tous

les produits visqueux dans les autres branches de la métallurgie. Pour éviter autant que possible que le choc imprimé à la masse par le râblage n'amène un mélange mécanique de la matte, on donne à la sole la disposition indiquée (*Pl. II*, *fig.* 1, 2 et 5) : toutes les parties de la surface de cette sole offrent une déclivité prononcée vers une sorte de bassin *oo* placé sur l'un des côtés du four et qui n'occupe guère que le tiers de la surface totale. La scorie n'est superposée à la matte qu'au-dessus de ce bassin : partout ailleurs elle repose immédiatement sur la sole : c'est là que l'ouvrier peut agir avec le râble pour tirer à lui la scorie et l'élever par refoulement, de proche en proche, au-dessus du seuil de la porte de travail. Il opère ainsi, en toute sécurité, sans crainte d'entraîner par mélange mécanique une quantité considérable de matte. Il ne peut cependant prévenir tout mélange de ce genre, soit parce que la fusion n'a pu dégager certaines grenailles, soit parce que le râblage a entraîné celles qui restaient adhérentes aux parties les plus élevées de la sole. C'est pour remédier autant que possible à cet inconvénient inévitable que les récipients où se figent les scories reçoivent la disposition précédemment signalée.

La scorie, en se déversant par-dessus le seuil de la porte, tombe d'abord dans le récipient n° 1 (*Pl.* 2, *fig.* 1), et de là passe successivement dans les récipients nos 2, 3 et 4. Les grenailles de matte qui restent mélangées à la scorie, ayant toujours tendance à gagner la partie inférieure de la masse fluide, se rassemblent pour la plupart au centre et au fond du récipient n° 1 : les trois autres récipients, tirant leur alimentation de la surface et des bords du bassin n° 1, reçoivent

une scorie plus appauvrie. On retrouve à la partie inférieure des pains de scories n° 1 une portion importante de la matte entraînée mécaniquement, et lorsque l'examen de cette scorie prouve qu'elle est suffisamment appauvrie pour être rejetée tout entière, il y a lieu de penser que les autres pains sont *à fortiori* dans le même cas. Pour rendre plus facile le contrôle des scories, les ouvriers doivent désigner les pains dans l'ordre où *ils se sont* formés, au contre-maître chargé de ce service. On se garde d'ailleurs de retirer du four la portion de scorie qui était contiguë à la matte. J'évalue à 0t,30 environ la quantité de scorie ainsi laissée dans le four : chaque charge comprend donc réellement cette quantité de scorie en sus des matières mentionnées précédemment. Les 0t,875 de scories incandescentes, *ainsi réunies* au pied du four, exercent par voie de *rayonnement* une action calorifique fort intense : pour s'en préserver autant que possible, l'ouvrier dresse souvent des écrans de tôle au devant de la digue de sable; dans le même but, lorsque la coulée est finie, il recouvre avec du sable la surface des pains. Aussitôt qu'il a terminé l'extraction des scories, le fondeur ouvre la trémie et fait tomber une nouvelle charge sur la sole : ordinairement la matte coule pendant toute la durée du tirage des scories; et comme elle reste protégée dans le four par une certaine épaisseur de scorie, l'écoulement continue encore deux minutes environ après l'introduction de la nouvelle charge. On ne tient nullement à extraire la totalité de la matte contenue dans le four : loin de là, il y a avantage à en laisser au fond du bassin intérieur une certaine quantité; celle-ci

préserve la sole contre l'action corrosive des premières scories, et empêche ce fond de s'abaisser au-dessous du niveau du canal de percée. Le volume de matte produit par chaque charge étant peu considérable (55 litres), les fondeurs gallois ne font même ordinairement couler la matte que de deux en deux fontes : dans une coulée durant environ dix minutes, ils extraient donc environ 110 litres de matte.

Durée d'une opération.

Chaque fonte dure moyennement 4h 20′, et ce temps total se trouve subdivisé comme il suit entre les diverses manipulations ci-dessus décrites :

Chargement et étendage des matières pulvérulentes	6′	0h.	11′
Chargement des scories	5′		
Fonte. — Chargement des trémies, roulage des scories ; chargement et conduite de la chauffe.		3	38
Brassage des matières sur la sole		0	5
Dernier coup de feu		0	16
Tirage des scories		0	10
Total		4	20

Essais pour l'association la plus convenable des minerais.

Le travail du fondeur est un peu plus pénible, et exige même une certaine intervention du chef de la fonderie, lorsqu'on opère sur des minerais nouveaux et peu connus; ou lorsque le manque accidentel de certaines sortes oblige à modifier les dosages dont l'efficacité a été constatée par une longue expérience. Dans ce cas, on n'ajoute point le fondant au mélange des minerais; on fait dans le cours de l'opération plusieurs brassages successifs pour s'assurer du progrès de la fusion, et l'on ajoute, au besoin, à chaque fois la dose de fon-

dant que la circonstance paraît réclamer. Ces tâtonnements et les ouvertures multipliées du four retardent à la vérité la fusion et augmentent la consommation de combustible; il faut cependant les continuer jusqu'à ce que l'expérience ait indiqué le dosage le plus avantageux. Les connaissances pratiques fournies depuis longtemps par le traitement d'une grande variété de minerais indigènes dont la nature change peu, contribuent beaucoup au succès et à la rapidité des opérations. On s'abuserait vraisemblablement en espérant obtenir ailleurs, sans le secours d'une telle expérience, la même économie dans les dépenses de main-d'œuvre et de combustible.

Réactions métallurgiques.

Les réactions métallurgiques, propres à la fonte n° II, sont assez simples : les oxydes et les sulfures sont associés dans le lit de fusion en proportions telles, que l'oxygène perdu par les oxydes dont les métaux passent dans la matte, et celui qu'abandonne l'oxyde ferrique pour passer à l'état d'oxyde ferreux dans les scories, forment à très-peu près l'équivalent du soufre qui n'est pas nécessaire à la constitution de la matte. Cet oxygène et le soufre forment, par leur réaction mutuelle, de l'acide sulfureux dont le volume, à la température du four, est 400 fois plus grand que celui des matières fluides et dont le dégagement continu, en agitant sans cesse les matières, contribue singulièrement au progrès des réactions.

Le fondant fluoré ajouté au lit de fusion joue un rôle assez complexe : l'alumine et même la magnésie sont plus communes que la chaux dans la gangue des minerais de cuivre (voir § 13, tableau II). La portion de calcium qui, sous l'in-

fluence de l'oxygène et de la silice, passe à l'état de chaux, contribue donc à accroître la fluidité des silicates. La moitié environ du fluorure de calcium n'est point décomposée, et le fluo-silicate formé ajoute encore notablement, comme le prouvent plusieurs autres phénomènes de la métallurgie du plomb et du cuivre, à la fluidité de la scorie. Quant au fluor équivalent à la chaux formée, il se gazéifie vraisemblablement à l'état de fluorure de silicium. Selon toute apparence, le fluorure de calcium se dissout d'abord rapidement dans les silicates pour lesquels il a une grande affinité, puis il se décompose graduellement sous l'influence des fragments de silice qui sont en suspension dans la masse : la silice cède l'oxygène au calcium et le silicium, équivalent exact du fluor, se combine avec ce dernier. Les ouvriers expérimentés que j'ai consultés sur ce point attribuent surtout à la présence du fondant fluoré le dégagement de gaz qui persiste lorsque la matte est formée et lorsqu'il ne doit plus se former d'acide sulfureux. Ils déclarent que ce dégagement continuerait encore fort longtemps si l'on tenait les matières en fusion. Il y a donc lieu de penser que le dégagement du fluorure de silicium vient favoriser le brassage naturel des matières, au moment où l'acide sulfureux n'y peut plus servir, et que cette action mécanique est encore un des avantages essentiels de l'emploi du fondant fluoré.

Les parois du four ne jouent dans les réactions de la fonte n° II qu'un rôle insignifiant. La grande quantité de silice qui est en suspension dans la scorie tend à neutraliser l'action corrosive du silicate de fer. La matte, d'ailleurs, pénétrant incessamment dans le sable, forme en quelque sorte

une sole sulfureuse qui tend à s'élever plutôt qu'à se creuser et sur laquelle les scories sont sans action. Ce n'est donc point ici l'usure de la sole, mais bien l'élévation de son niveau qui tend à restreindre la durée des campagnes. Pour remédier autant que possible à cet inconvénient, on termine ordinairement le travail de la semaine par un fort coup de feu donné à vide pendant deux heures. Sous l'influence de la chaleur, on liquéfie partiellement la surface de la sole et l'on favorise le départ des masses quartzeuses qui tendent à s'y agglomérer. Avant de quitter ce dernier poste, le fondeur gratte soigneusement avec le râble la surface ramollie, afin de la rendre égale et de lui donner une pente uniforme. Les briques des pieds-droits, de la voûte, du pont et des rampants, en se rongeant par la violence du feu et par l'influence des particules métalliques que le mouvement des gaz porte accidentellement à leur contact, fournissent au lit de fusion une proportion de matières terreuses plus considérables que ne le fait la sole : celles-ci n'entrent cependant que pour une part peu importante dans la composition de la scorie. (Voir § 13, tableau II.)

La proportion relative de toutes les matières premières et de tous les produits de la fonte pour matte bronze est en outre indiquée par le tableau suivant : Balance des matières premières et des produits.

BALANCE DE LA FONTE POUR MATTE BRONZE.

Matières premières.		Produits.	
Minerai grillé	0,724	Matte bronze, pour III.	0,275
Minerai brut.	0,084	Scorie à rejeter	0,650
Scorie pauvre de IV.	0,085	Débris de four, pour IV.	0,009
— V.	0,051	Acide sulfureux.	0,055
— VII.	0,008	Soufre gazéifié.	0,001
Fondant fluoré.	0,041	Fluorure de silicium.	0,008
Matériaux terreux : sable.	0,001	Eau et acide carbonique	0,002
— briques.	0,006		1,000
	1,000		

Contrôle de l'opération; reprise des scories et de la matte bronze.

Le contrôle à exercer sur la fonte II est moins nécessaire que celui qui concerne le grillage des minerais. Les jeunes gens auxquels est confiée cette dernière opération présentent peu de garanties d'exactitude; la charge bien ou mal grillée peut d'ailleurs être extraite du four en temps convenable sans qu'il soit possible de constater, par l'examen du produit même, que le travail a été défectueux ; enfin le salaire de ces ouvriers ne se trouve point compromis par les inexactitudes qu'ils auraient pu soustraire à la connaissance des surveillants. Les hommes faits auxquels la fonte II est confiée sont déjà éprouvés. D'ailleurs, toute inexactitude dans la conduite du feu retarde le progrès de la fusion; elle diminue par conséquent le nombre de charges élaborées dans un temps donné et par suite le salaire journalier. Si, nonobstant le temps perdu, l'ouvrier croyait pouvoir extraire du four une charge incomplétement fondue, l'imperfection du travail se révélerait au seul aspect de la scorie. On peut donc, en ce qui concerne la fonte II, se borner à quelques tournées faites de loin en loin dans les ateliers, et concentrer toute la surveillance d'une part sur le dosage des matières, de l'autre sur l'examen des scories produites. Cette dernière révision se fait à proximité des

haldes, dans la cour *tt* (*Pl. III*, *fig.* 4), où les fondeurs déposent, dans un ordre régulier, les scories produites par chaque four. Un contre-maître brise d'abord ces scories au marteau; puis il en examine la cassure en dirigeant spécialement son attention sur la partie inférieure de chaque pain, et surtout sur le pain central, n° 1 (*Pl. II*, *fig.* 1). La matte disséminée en petits grains tranche vivement par sa couleur bronze clair et par son éclat métallique sur la nuance noire et terne de la scorie. Cet examen permet d'apprécier la teneur en cuivre de la scorie aussi exactement et avec cent fois moins de travail qu'on ne le pourrait faire au moyen d'un essai chimique. Dans les teneurs ordinaires de 3 à 12 millièmes, le contrôleur apprécie assez sûrement, à 1 ou 2 millièmes près, la quantité de cuivre contenue. Pendant le cassage, il fait deux tas de la scorie produite par chaque four : l'un, de beaucoup le plus grand, où il place tout ce qui doit être jeté sur les haldes; l'autre, contenant tous les fragments assez riches en cuivre pour être repassés à la fonte. Dans les usines où ce contrôle s'exerce rigoureusement, on repasse, comme je l'ai dit, dans chaque charge, 0^t,071 de scorie riche; cette dose ne doit pas être dépassée, mais comme on ne peut souvent écouler dans la charge normale toutes les scories ramenées aux fours de fusion, les ouvriers sont obligés dans ce cas de passer le surplus à la fin de la semaine dans une fonte spéciale pour laquelle ils ne reçoivent aucun salaire. Dans une fonderie où la teneur en métal ne dépasserait jamais 0,005 pour 1,000 de scorie rejetée, chaque four aurait à faire une pareille fonte par quinzaine, sur 1^t,50 de scories.

La matte bronze grenaillée produite par deux

fours contigus se dépose au fond du cylindre en tôle *u u* placé entre ces deux fours (*Pl. II*, *fig.* 1). L'ouvrier chargé de reprendre cette matte la transporte, à une distance moyenne de 35 mètres, dans un dépôt *u* (*Pl. III*, *fig.* 4) placé à proximité des fours n° III où elle doit être grillée. Son travail consiste à élever, au moyen d'un treuil (*Pl. II*, *fig.* 3), jusqu'à la surface du sol, les cylindres plus ou moins remplis de matte, puis à en charger le contenu dans des brouettes qu'il roule au dépôt.

Interruption hebdomadaire et reprise du travail.

Le travail hebdomadaire d'un four de fusion en activité est distribué de la manière suivante. Le travail étant toujours suspendu le dimanche, la température du four baisse considérablement pendant cette époque de repos : pour être en mesure de commencer la fonte le lundi matin, il faut, douze heures plutôt, c'est-à-dire dès le dimanche soir, recommencer le chauffage. Il suffit pour cela de fermer la porte de travail qui était restée ouverte depuis le samedi soir, puis de conduire le feu comme on le fait pendant le travail proprement dit. Un seul ouvrier, prenant le poste de nuit du dimanche au lundi, suffit au réchauffage de quatre fours contigus. Le four étant ramené à la température blanche, on fait la première charge le lundi à 5 heures du matin et l'on continue le travail comme il a été dit ci-dessus. La première et la seconde charge passent ordinairement moins vite que les autres : en opérant sur les charges moyennes de 1t,30 précédemment indiquées, on a généralement passé 28 charges le samedi à 6 heures du matin. L'ouvrier qui prend le poste à ce moment ne fait ordinairement que deux charges dans la journée, ce qui le conduit jusqu'à 2 heures 40 minutes. Le four res-

tant vide, l'ouvrier donne alors le coup de feu de deux heures, nécessaire au nettoyage de la sole : puis, la grille restant fortement chargée, il suspend le tirage en ouvrant la porte de travail et quitte l'atelier à 4 heures 40 minutes. Lorsque les ouvriers ont à passer une charge spéciale de scories, ils font toujours ce travail après la dernière charge de la semaine, ce qui prolonge jusqu'à 8 heures environ la durée du poste. En supposant qu'une telle charge supplémentaire soit repassée tous les 15 jours, le poste du samedi a une durée moyenne de 12 heures; en tenant compte du réchauffage, les deux ouvriers chargés du service de chaque four, fournissent donc par semaine un nombre total de 11,25 postes de 12 heures. Le salaire total qui leur revient pour chacune des 30 charges de minerai étant de 1^shil.,42, la journée de travail de 12 heures serait moyennement payée 3^shil.,79 à chacun d'eux; le salaire par semaine se trouve porté dans ces conditions à 21^shil.,53.

Réparation des fours; temps de chômage et d'activité.

Ces fours de fusion se détériorent assez rapidement : la nécessité des réparations se fait d'abord sentir dans le rampant de cheminée qui ne dure moyennement que deux mois et demi; la chauffe et le pont durent 4 mois; la voûte et les parois latérales, 30 mois. Chaque four, après une campagne de 30 mois, doit être reconstruit en entier, y compris 3 ou 4 mètres de la partie inférieure de la cheminée. Ces réparations et la mise en feu entraînent de grandes pertes de temps : les variations dans l'approvisionnement de minerai et dans le degré d'activité imprimé aux ateliers, obligent souvent de tenir en chômage temporaire un certain nombre de fours, dont la grille reste chargée

de combustible; dans lesquels on donne au besoin un coup de feu de temps en temps, et que l'on tient préparés à recevoir immédiatement des charges de minerai. Dans l'atelier que j'ai pris pour exemple et dans lequel un matériel de 29 fours sert à fondre chaque semaine 746 tonnes de minerais bruts et grillés, la durée totale de l'année se trouve répartie pour chacun d'eux de la manière suivante entre les diverses périodes d'activité et de chômage:

Jours de travail effectif.		268
Jours de chômage.		
Dimanches et fêtes.	56	97
Réparations et mises en feu. . . .	26	
Réserve (avec feu dans la chauffe).	9	
Chômage complet (hors feu). . . .	6	
Total.		365

Chaque four en activité traite 30 tonnes de minerais par semaine; mais si l'on tient compte de ces chômages obligés qu'entraîne le roulement d'une grande fonderie, on ne passe effectivement, dans chaque four, qu'une moyenne de 25t,7.

Les consommations en matières et en journées, et les dépenses relatives à la fusion d'une tonne de minerais, sont indiquées dans le tableau suivant:

II. *Frais de fonte (pour matte bronze), pour une tonne de minerais (bruts et grillés).*

MAIN-D'OEUVRE ET MATIÈRES.	JOURNÉES.	SALAIRE par journée.	DÉPENSE totale.
Main-d'œuvre.		shil.	shil.
Ouvriers rouleurs. — Transport de 0t,155 de minerai brut et du fondant au dépôt.	0,014	1,79	0,025
Machiniste chauffeur. — Conduite de la machine à vapeur.	0,001	4,00	0,004
Fondeurs.—Transport du minerai (brut et grillé) et du fondant, du dépôt au four; des scories, du four aux haldes (moitié du temps des fondeurs).	0,188	3,79	0,713
Id — Fusion du minerai et travaux accessoires (moitié du temps des fondeurs).	0,187	3,79	0,709
Contre-maîtres. — Contrôle et triage des scories	0,032	3,50	0,112
Ouvriers rouleurs. — Transport de la *matte* bronze grenaillée, au dépôt des *fours de grillage* nº III.	0,023	4,38	0,101
Enfants. — Transport du charbon et du craya; triage des escarbilles. . .	0,200	0,85	0,170
	0,645	2,84	1,834
Matières.	tonnes.	Prix de la tonne.	
Combustible pour la fusion normale.	0,624		
— pour les travaux accidentels.	0,153		
	0,777	4,98	3,869
Sable pour les soles et les coulées.	0,002	2,75	0,006
Briques réfractaires.	0,010	26,00	0,260
Argile réfractaire.	0,003	8,00	0,024
Fondant fluoré.	0,051	10,00	0,510
Entretien du mobilier : bâches, râbles, etc.; cylindre de tôle, chaînes de grue.	»	»	0,149
Total.	. . . . . .	. . . . . .	6,652

Études physiques et chimiques sur les produits de la fonte II.

La connaissance de la composition chimique des produits de la fonte II est celle qui importe le plus à une appréciation raisonnée de l'ensemble de la méthode galloise. C'est sur ce point qu'ont été surtout dirigées les études que je poursuis depuis cinq ans; c'est ici le lieu d'en exposer les principaux résultats.

Difficulté des recherches sur la teneur en cuivre des scories.

L'un des faits que je me suis appliqué à constater rigoureusement est la teneur en cuivre des scories rejetées. Cette recherche offre le même obstacle qui, jusqu'à ce jour, a empêché l'application usuelle de l'analyse chimique à la direction et au contrôle des opérations métallurgiques : il consiste dans la difficulté de prendre la matière d'essai. L'analyse appliquée à une parcelle de matière donne, dans la plupart des cas, avec toute la précision désirable, l'ensemble ou un détail de sa composition chimique; mais, pour que cette précision ait son utilité, il faut évidemment que les résultats constatés pour la parcelle s'accordent exactement avec ceux que donnerait l'analyse de la totalité des masses sur lesquelles on opère dans les ateliers; il faut, en d'autres termes, que la matière d'essai soit exactement composée comme toute la masse dont on veut constater la composition moyenne. Or le seul examen des caractères extérieurs de la plupart des matières premières et des produits de la métallurgie démontre que la composition d'une telle manière d'essai offre presque toujours une extrême difficulté; elle exige une quantité considérable de main-d'œuvre, et l'intervention constante de personnes éclairées, animées de cet esprit d'exactitude que peut seule donner l'intelligence des résultats qu'on veut atteindre. Dans

un art industriel, où la condition de profit domine toutes les autres, et dans lequel l'exactitude et la perfection théorique des travaux ne sont que des avantages secondaires, il faut toujours mettre en balance le profit que la précision de l'analyse chimique pourrait imprimer aux manipulations, avec les frais que cette précision entraînerait; une telle comparaison conduit presque toujours à reconnaître la supériorité des moyens d'examen et de contrôle adoptés dans les fonderies sur ceux qui se pourraient tirer de la science chimique. Les précautions que j'ai dû employer pour recueillir les prises d'essai des scories de la fonte II auraient suffi pour me suggérer ces réflexions, si d'autres études n'avaient depuis longtemps fixé mon opinion sur cette importante question de métallurgie.

Caractères physiques de la scorie.

Considérée dans la cassure fraîche, la scorie qui se produit en même temps que la matte bronze, est une sorte de poudingue formée de fragments presque juxtaposés de quartz et de roches siliceuses empâtés dans un silicate compacte ou bulleux. La couleur blanche et les arêtes vives du quartz tranchent fortement sur la couleur noire du silicate et rappellent l'apparence de certains porphyres. La matte bronze est disséminée et répartie d'une manière fort inégale dans le silicate; en certains points, on en distingue à peine quelques indices, avec le secours d'une forte loupe; ailleurs, la pâte est criblée presque uniformément de particules de matte imperceptibles à l'œil nu; plus ordinairement la matte est irrégulièrement disséminée en grenailles dont la dimension très-variable atteint assez souvent la grosseur d'une

tête d'épingle, parfois celle d'un grain de blé, rarement celle d'un pois. Ce n'est cependant point chose très-exceptionnelle, quand on explore le marteau à la main les haldes des fondèries, de trouver, dans les scories rejetées, des grains de matte dont la grosseur est encore plus considérable. Si l'on observe de bas en haut la cassure verticale d'un pain de scorie placé dans la position même où il s'est solidifié, on remarque généralement une lisière inférieure bulleuse épaisse d'un demi-centimètre, suivie d'une zone compacte où la proportion de fragments quartzeux est relativement peu considérable : dans la région contiguë, la proportion de fragments de quartz devient plus grande : au-dessus de celle-ci enfin, la pâte du silicate peu chargée de fragments quartzeux redevient bulleuse, au point de prendre parfois l'apparence d'une lave très-légère. Les grenailles de matte, lorsqu'elles abondent, se voient surtout dans le silicate compacte, au contact de la lisière bulleuse inférieure; elles sont plus rares dans les régions supérieures, et surtout dans celles où abondent des fragments de quartz pur, d'un beau blanc, exempts de tout mélange de matière métallique; mais ces caractères, les moins rares parmi ceux que j'ai observés, se modifient tellement d'un échantillon à l'autre, qu'on ne peut guère les signaler comme habituels : souvent les grenailles se trouvent disséminées sans aucune loi apparente dans l'intérieur des zones quartzeuses, et même jusque dans les fragments de roches siliceuses.

Distribution inégale des grenailles de matte dans la scorie. Pour constater d'une manière plus précise cette inégalité de la distribution de la matte, j'ai pris au hasard 18 échantillons dans 6 pains de

scories produites le même jour dans 6 fours différents, mais fondant des charges absolument identiques. Les échantillons correspondant au même pain avaient été tirés, le premier de la zone inférieure; le second de la zone moyenne; le troisième de la zone supérieure; tous étaient composés d'un petit fragment ayant la dimension suffisante pour produire 1 gramme de matière porphyrisée. L'essai pour cuivre (1) des six scories a donné les résultats suivants que je range suivant l'ordre des teneurs moyennes :

Teneur en cuivre de 18 fragments de scories (poids de 1 gramme).

NUMÉROS d'ordre des pains de scories.	PARTIE inférieure.	PARTIE moyenne.	PARTIE supérieure.	MOYENNE pour chaque pain de scorie.
1	0,050	0,001	0,002	0,018
2	0,027	0,003	0,012	0,014
3	0,006	0,007	0,005	0,006
4	0,009	0,002	0,004	0,005
5	0,009	0,000	0,003	0,004
6	0,003	0,001	0,002	0,002
Moyennes pour les 6 pains.	0,017	0,002	0,005	0,008

Pour constater l'influence qu'exerce sur le résultat la grandeur de la masse constituant les prises d'essai, j'ai pris dans les mêmes pains de sco-

(1) Voir (§ 16, 5) la description détaillée de la nouvelle méthode que j'ai employée pour exécuter les nombreux essais de scories de cuivre faits à l'occasion du présent travail.

ries, et dans les mêmes zones où avaient été détachés les échantillons précédents, 18 fragments pesant au moins 2 kilogrammes : chacun de ces fragments a été pilé et passé au tamis de crin; sur les produits de cette pulvérisation ont été prises des matières d'essai qui, traitées comme les précédentes, ont donné les résultats suivants :

Teneur en cuivre de 18 fragments de scories (poids de 2 kilogrammes).

NUMÉROS d'ordre des pains de scories.	PARTIE inférieure.	PARTIE moyenne.	PARTIE supérieure.	MOYENNE pour chaque pain de scorie.
1	0,032	0,002	0,005	0,013
2	0,008	0,004	0,005	0,006
3	0,009	0,001	0,005	0,005
4	0,012	0,002	0,007	0,007
5	0,010	0,006	0,008	0,008
6	0,005	0,004	0,004	0,004
Moyennes pour les 6 pains.	0,013	0,003	0,006	0,007

La comparaison de ces deux séries d'essais, dans lesquelles les mêmes régions de la scorie sont indiquées par les mêmes désignations prouve suffisamment l'influence de la grosseur des matières d'essai. Il est certain que les teneurs moyennes de chaque pain de scories eussent encore présenté de moindres différences et se fussent rapprochées davantage d'une teneur moyenne générale, s'il eût été possible de préparer, avec une dépense modérée, des prises d'essai provenant de la pulvérisation totale de chaque pain.

Les recherches que j'ai faites sur la scorie de la fonte n° II ont eu surtout pour but de déterminer la teneur moyenne de l'ensemble des scories rejetées et la nature des combinaisons chimiques dans lesquelles le cuivre se trouve engagé. Teneur moyenne en cuivre de l'ensemble des scories rejetées.

Pour constater le premier résultat, j'ai recueilli deux séries distinctes de matières d'essai. La première a été préparée avec l'aide d'un contre-maître intelligent préposé au contrôle de la fonte *II*, sur les scories produites pendant deux semaines consécutives dans un même four où l'on traitait des minerais et des matières cuivreuses ayant la composition indiquée au tableau II du § 13. Le contre-maître prenait sur les produits du cassage des quatre pains obtenus de chaque fonte, quatre fragments pesant ensemble environ 4 kilogrammes et représentant, aussi exactement que l'œil le pouvait indiquer, la composition moyenne de la scorie rejetée; il mettait en outre à part dans une boîte, chaque fois que l'occasion s'en présentait, un fragment des scories qui, à raison d'une trop forte teneur apparente, étaient remises aux ouvriers pour être refondues. Les 4 kilogrammes de scories pauvres étaient concassées en poudre grossière, sous la direction du contre-maître, sur une plaque de fonte au moyen d'une lourde masse de fer; et sur le produit total de cette pulvérisation je prenais environ 20 grammes de matière que j'enfermais immédiatement dans un papier désigné par un numéro d'ordre. J'obtins ainsi en deux semaines 58 prises d'essai représentant la teneur moyenne des scories (à rejeter) de 58 fontes successives. Un 59ᵉ échantillon était composé de toutes les scories (à rejeter) provenant de la refonte spéciale de scories faite à la

fin de la quinzaine, sans addition de minerais grillés. Enfin, les fragments réunis comme il a été dit ci-dessus, dans une boîte commune, puis pulvérisés tous ensemble, ont donné une 60e prise d'essai représentant la teneur moyenne de scories riches à repasser dans la fonte II.

La seconde série de matières d'essai, recueillie en vue de déterminer la teneur des scories rejetées, a été prise au hasard sur les haldes de l'usine. Chaque échantillon a été formé au moyen de 4 fragments pesant ensemble 4 kilogrammes environ, mais toujours pris en divers points d'une même masse de scories : j'ai également obtenu de cette manière 58 échantillons pulvérisés pesant environ 20 grammes chacun, et représentant la teneur moyenne d'autant de masses prises au hasard parmi les produits de tous les fours n° II.

Les échantillons des deux séries ont été plus tard pulvérisées de nouveau et passées dans un tamis de soie très-fin : c'est sur le produit de cette seconde pulvérisation qu'ont été faites les prises d'essai définitives et les analyses dont j'offre ci-après les résultats :

Teneur moyenne en cuivre des scories rejetées de la fonte n° II.

1° Sur les produits de 58 fontes successives d'un même four.			2° Sur 58 fragments pris au hasard sur les haldes de tous les fours.		
2	échantillons avec	0,009	1	échantillon avec	0,012
1	— —	0,008	2	— —	0,010
3	— —	0,007	1	— —	0,009
10	— —	0,006	3	— —	0,008
26	— —	0,005	5	— —	0,007
11	— —	0,004	8	— —	0,006
4	— —	0,003	17	— —	0,005
1	— —	0,002	13	— —	0,004
			6	— —	0,003
			2	— —	0,002
58	Total et moyenne.	0,0051	58	Total et moyenne.	0,0053

Les scories riches repassées pendant 15 jours dans le four, où les scories immédiatement rejetées ont une teneur moyenne de 0,0051, tiennent. .	0,008
Les scories rejetées provenant d'une refonte spéciale de scories riches tenant 0,008 de cuivre, ne tiennent plus que.	0,003

Les résultats concernant les scories rejetées prouvent que même avec les soins apportés au choix des matières d'essai, il est impossible de compter sur les indications d'une analyse isolée, quelque exacte qu'elle puisse être. L'irrégularité avec laquelle le cuivre est disséminé dans les produits rend complétement illusoire, en ce qui concerne un échantillon déterminé, la précision que l'on tenterait d'apporter à la méthode d'essai; il est évident qu'une méthode expéditive, telle, par exemple, que celle qui est suivie dans plusieurs fonderies du continent et qui consiste à doser simplement le bouton de matte obtenu dans l'essai par voie sèche, qu'une telle méthode, dis-je, offre une approximation d'un ordre bien supérieur à celle qu'on peut atteindre dans le choix de la matière à essayer. Mode d'essai des fonderies galloises plus exact que les méthodes chimiques.

Le mode d'essai des fonderies galloises, où l'on apprécie à vue sans rien peser, me paraît même offrir plus de garanties d'exactitude que les essais par voie sèche ou les moyens chimiques plus parfaits qu'on pourrait d'abord être tenté d'y substituer. La précision chimique n'aurait d'utilité qu'autant qu'elle s'appliquerait à la masse entière des scories réduite en poudre impalpable. Si, dans l'impossibilité de préparer une telle prise d'essai, on se borne à choisir quelques fragments représantant autant que possible la teneur moyenne de la masse, on retombe de fait dans le cas d'une ap-

préciation à vue; la précision de l'essai chimique appliqué à une telle matière, est donc entièrement subordonnée à celle de l'appréciation préalable; il est donc plus logique de s'en tenir au système des fondeurs gallois, et de concentrer exclusivement sur celle-ci l'aptitude de l'essayeur.

L'étude approfondie des arts métallurgiques conduit presque toujours à de semblables conclusions : j'y ai souvent trouvé pour ma part l'explication des infructueuses tentatives de perfectionnement inspirées par l'étude trop exclusive des sciences physiques et chimiques. Les échecs de ce genre ne tiennent pas essentiellement, comme on l'a dit trop souvent, à la résistance qu'oppose la *routine* aux indications de la *théorie;* mais surtout à ce que celle-ci, mal informée de faits, propose une application fausse ou inopportune des principes de la science. Ma profonde conviction est que les sciences physiques ne commenceront à exercer sur la pratique des ateliers une impulsion décisive qu'à dater du moment où les faits, simples en apparence, très-complexes en réalité, qui composent le domaine de la métallurgie seront connus des savants, dans leurs moindres détails, comme ils le sont des ouvriers, qui, depuis un temps immémorial, s'en transmettent la tradition.

État de combinaison du cuivre contenu dans la scorie.

Le seul examen minéralogique des scories de la fonte n° II prouve que le cuivre y est en grande partie contenu à l'état de matte mécaniquement mélangée : cependant, comme le lit de fusion contient une grande quantité d'oxyde de cuivre, on pouvait présumer qu'une proportion notable de cet oxyde, saisie par la silice, se trouvait combinée intimement, dans la pâte de la

scorie, avec les autres silicates métalliques ou terreux. Les recherches multipliées que j'ai faites à ce sujet m'ont démontré que la scorie galloise ne retient jamais la plus légère trace d'oxyde ni d'oxydule de cuivre (§ 16, 6); elles m'ont en outre conduit à découvrir un fait qui avait jusqu'alors échappé à l'attention des métallurgistes, et qui à mes yeux constitue le trait le plus général, le plus essentiel de la théorie des fontes de minerais de cuivre sulfurés. Ce fait, qui s'est reproduit sans une seule exception pour toutes les scories des sept principaux groupes de fonderies de cuivre de l'Europe, peut s'énoncer comme il suit. Si l'on analyse simultanément la matte provenant de la fonte de minerais de cuivre sulfurés, et la scorie produite en même temps, on reconnaît que, *pour une quantité donnée de cuivre, la scorie tient toujours plus de soufre que la matte.* Pour la scorie galloise en particulier, j'ai constaté les faits suivants.

La matte produite pendant une quinzaine dans l'un des fours n° II, tenait en moyenne : cuivre 0,346, et soufre 0,298; la scorie produite en même temps, dans ce même four, tenait en moyenne : cuivre 0,005, et soufre 0,006. La proportion de soufre est donc :

Dans la matte. .	0,86	soit	1,00
Dans la scorie. .	1,20		1,40

On ne peut déterminer directement l'état de combinaison sous lequel le soufre en excès se trouve engagé dans la scorie : les acides, en effet, décomposent en même temps les sulfures et les silicates, et dissolvent également les oxydes des silicates et les métaux des sulfures. Mais les ana- Influence d'un agent spécial, le *sulfo-silicate de fer.*

logies chimiques et l'ensemble des faits métallurgiques que j'ai observés établissent que dans la scorie galloise le soufre en excès existe à l'état de sulfure ferreux, dissous dans la scorie par l'affinité du silicate d'oxyde ferreux (§ 16, 6), formant un composé qu'on pourrait nommer *sulfo-silicate de fer*. Ces composés, peu intéressants pour les chimistes, sont au contraire fort communs et fort essentiels, ainsi que j'aurai occasion de le prouver ailleurs dans certaines réactions métallurgiques. La présence constante du sulfo-silicate de fer dans les scories de la fusion des minerais sulfurés explique parfaitement l'absence des oxydes de cuivre, puisque l'existence de ceux-ci est incompatible avec celle du sulfure de fer. L'oxyde de cuivre, qui tend d'abord à se dissoudre par l'action de la silice, est réduit par les deux éléments du sulfure : le cuivre métallique formé se sépare aussitôt de la scorie pour se déposer ou se dissoudre dans la matte.

Importance du sulfo-silicate de fer dans la métallurgie du cuivre.

Ce rôle important du sulfo-silicate de fer jette, comme je le prouverai, de nouvelles lumières sur la métallurgie du cuivre : elle explique, par exemple, comment, à l'aide de fourneaux spécialement disposés en vue d'opérer le départ mécanique de la matte et de la scorie, on parvient, dans le nord de l'Europe, à produire régulièrement, avec des lits de fusion riches en oxydes de cuivre et même en silicate d'oxyde cuivreux, des scories qui retiennent seulement 0,0002 de ce métal. L'influence de cet agent permettra également d'expliquer la pratique de ces grandes fonderies de l'Europe orientale qui, ayant à traiter des minerais oxydés d'une remarquable pureté,

trouvent avantage à introduire, à grands frais, de la pyrite de fer dans leurs lits de fusion (1).

La composition moyenne de la scorie de la fonte II, déterminée (voir § 16, 6) sur le mélange

Composition chimique de la scorie.

(1) Je citerai à cette occasion une anecdote qui me paraît de nature à démontrer que les ouvriers métallurgistes ont ordinairement, au sujet des réactions confiées à leur intervention, des idées plus précises que ne le pensent les personnes étrangères à la pratique des fonderies. L'étude de la méthode galloise ayant fixé mon opinion sur la théorie de la fusion des minerais de cuivre sulfurés, j'attachai une grande importance à visiter en Sibérie, dans le cours de l'année 1844, les districts où s'exploitent les minerais oxydés. Je ne fus point étonné d'avoir à constater que les principales usines de cette contrée font intervenir, dans le traitement, les matières sulfureuses. Je consacrai en particulier beaucoup de temps à l'étude d'une fonderie où l'on traite par la pyrite de fer un minerai entièrement exempt de composés sulfurés du cuivre, et formé surtout d'oxydes et de carbonates. Le produit de cette fonte est une matte ferro-cuivreuse qui, après avoir été grillée, puis refondue avec addition de matière siliceuse, donne elle-même, outre le cuivre noir, une scorie riche en silicates d'oxyde cuivreux, à repasser en totalité dans la fonte du minerai. Le soin que j'apportai à suivre la production de la première scorie qui, dans cette usine, tient de 0,002 à 0,003 de cuivre, attira l'attention d'un chef fondeur qui, dans une allocution dont je ne puis rendre ici que le sens, dit à l'une des personnes qui m'accompagnaient : « Le professeur a raison de regarder à la loupe » la scorie de la fonte de minerai; c'est le moyen de savoir » si nous travaillons bien; il n'en est pas de même pour » la scorie de la fonte des mattes : le cuivre se comporte » aussi différemment dans l'une et l'autre que le sel et la » graisse dans ma soupe : le cuivre est de la graisse pour » la première scorie; c'est du sel pour la seconde. » Ce propos, qui résumait parfaitement la théorie que je méditais depuis deux ans, m'ayant été rapporté; je ne manquai pas d'entrer en communication avec le fondeur et de faire tous mes efforts pour pénétrer dans sa pensée; je

des 58 variétés produites en quinze jours dans un fourneau où l'on traitait des lits de fusion de composition constante, peut être établie sous les deux formes suivantes :

---

constatai qu'il avait une connaissance très-nette, sinon une théorie irréprochable, du fait de l'action dissolvante exercée sur le cuivre soit dans la fonte des mattes, soit dans la fonte des minerais oxydés opérée sans intervention de pyrite ; qu'il appréciait en outre très-bien l'influence radicale du sulfure de fer ajouté en excès aux lits de fusion des minerais oxydés. Pressé d'expliquer comment il comparait à de la graisse une substance plus lourde que le liquide où elle est en suspension, il me fit très-bien comprendre que cette image caractérisait fort bien pour les fondeurs la plus grande difficulté de leur travail, la persistance avec laquelle surnagent les grenailles de matte et l'obligation qui en résulte de repasser les scories riches en grenailles, au détriment de la besogne essentielle et du salaire journalier, réglé d'après le poids des minerais passés au fourneau. Cette remarquable intelligence de phénomènes fort délicats, chez un fondeur sibérien, me semble digne d'attirer l'attention des personnes qui seraient disposées à penser que les réactions physiques et chimiques de la métallurgie sont abandonnées à une ignorante routine. En cent autres occasions, j'ai tiré profit de la conversation des ouvriers ; et si à la suite de tant de voyages j'ai à former un regret, c'est d'avoir parfois négligé des remarques faites par les praticiens et qui ne me semblaient peut-être inutiles ou inexactes que parce que je n'étais pas préparé à les comprendre. Au reste, ceux qui pensent que la science de la métallurgie n'est pas essentiellement possédée par ceux qui la pratiquent, et qui croient pouvoir la présenter comme un simple corollaire des principes aujourd'hui posés par les sciences physiques, peuvent soumettre cette opinion à la sanction de l'expérience ; ils doivent tenter d'exécuter eux-mêmes, selon les indications de leur théorie, les opérations abandonnées jusqu'à ce jour à la routine. J'affirme que dans cette voie ils ne tarderont pas à reconnaître leur erreur ; qu'ils verront bientôt sous un jour plus exact les véritables bases de la métallurgie et ses moyens de progrès.

Silice combinée	0,300
Quartz mélangé	0,305
Oxyde ferreux	0,285
Alumine	0,029
Magnésie	0,006
Oxydes divers (d'étain, de manganèse, de nickel, de cobalt)	0,014
Chaux	0,020
Fluor	0,010
Calcium	0,011
Cuivre	0,005
Fer	0,009
Soufre	0,006
	1,000

Silicate (B^6Si^{10})	0,654
Fluorure de calcium	0,021
Sulfure de fer Fe Su (combiné avec le silicate d'oxyde ferreux)	0,0055
Matte mécaniquement mélangée	0,0145
Quartz mécaniquement mélangé	0,305
	1,000

Discussion sur le quartz mécaniquement mélangé à la scorie.

L'un des faits les plus remarquables que révèle cette analyse, de même, au reste, que le simple aspect de la scorie, est la quantité considérable de quartz mécaniquement mélangée avec le silicate. On ne peut douter que ce mélange n'ait de graves inconvénients : il donne à la scorie cette consistance boueuse qui la caractérise et il contribue par là à y retenir les grenailles de matte. Les fragments quartzeux eux-mêmes sont une cause directe de la perte en métal, parce qu'ils retiennent çà et là, dans leurs fissures et dans leurs cavités, une certaine quantité de matière cuivreuse. Toutefois, en mettant en balance ces inconvénients réels avec ceux qui résulteraient de la fusion complète des fragments quartzeux, on comprend encore que la pratique des fondeurs gallois est parfaitement motivée. Pour fondre entièrement le quartz des lits de fusion, il faudrait au moins doubler la durée des fontes, ce qui balancerait et au delà l'avantage que pourrait donner un plus grand appauvrissement de la scorie; si, pour accélérer les réactions, on pulvérisait les matières du lit de fusion, on aurait d'abord à supporter les frais et surtout l'embarras de cette opération mécanique; la pâte de la scorie qui,

en vertu de sa composition ($B^6 Si^{10}$), jouit d'une très-grande fluidité, acquerrait par la dissolution du quartz la composition $B^3 Si^{10}$, et prendrait la viscosité propre aux silicates très-chargés de silice; ainsi, pour ce qui concerne le degré de fluidité, la modification de la composition chimique détruirait en partie les avantages qu'on pourrait attendre d'une fusion plus complète. Si enfin, pour rendre à la scorie homogène toute la fluidité qu'elle peut atteindre, on ajoutait une dose de base, d'oxyde ferreux par exemple, équivalente au quartz mélangé, on tomberait dans l'inconvénient de recourir à des fondants différant de ceux qu'assure le mélange même des minerais; d'accroître de 40 p. 100 environ la masse de la scorie, et d'augmenter en conséquence les frais de fusion et les pertes de cuivre résultant de l'influence des masses, etc. En résumé, les tentatives faites à ma connaissance, depuis un siècle, pour modifier la composition de la scorie, ont toujours eu pour résultat de confirmer la pratique adoptée par les fondeurs.

Propriétés physiques et composition chimique de la matte bronze. La matte bronze, produit principal de la fonte II, se présente, à la sortie du cylindre où elle a été grenaillée, en très-petits fragments qui rappellent assez bien la poudre à canon. Leur couleur extérieure est le brun foncé; ils se divisent aisément par le choc, et les nouvelles surfaces offrent elles-mêmes une couleur brun-rougeâtre très-différente de celle qui est propre à la matte non refroidie dans l'eau. La matte lentement refroidie en grandes masses offre une cassure compacte, grenue, ordinairement bulleuse, dont la couleur est un bronze brun-verdâtre. L'essai ap-

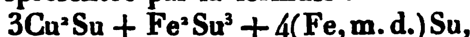
proximatif des mattes produites pendant cette quinzaine par le même four a prouvé que la teneur moyenne en cuivre est restée constamment comprise entre 0,29 et 0,37. L'analyse complète (§ 16, 7) d'un mélange de tous les échantillons recueillis dans ce même four a donné la composition suivante :

Cuivre	0,337	0,996
Fer	0,336	
Nickel, cobalt, manganèse	0,010	
Étain	0,007	
Arsenic	0,003	
Soufre	0,292	
Scorie mélangée	0,011	

J'ai admis dans le calcul des réactions métallurgiques (§ 13, tableau II) la composition moyenne :

Cuivre	0,337	1,000
Fer	0,342	
Métaux divers	0,015	
Soufre	0,295	
Scorie mélangée	0,011	

L'ensemble des études que j'ai faites sur la métallurgie du cuivre me porte à penser que la composition chimique de la matte galloise doit être représentée par la formule :



$$3Cu^2Su + Fe^2Su^3 + 4(Fe, m. d.)Su,$$

qui correspond exactement à la composition suivante :

Cuivre	0,346	1,000
Fer	0,341	
Métaux divers	0,015	
Soufre	0,298	

Pesanteurs spécifiques de la matte et de la scorie.

Voulant apprécier la force qui tend à séparer la matte de la scorie, j'ai déterminé avec précision la pesanteur spécifique des deux corps réduits en poudre fine. La température de l'eau distillée prise

pour terme de comparaison était + 12° c., j'ai trouvé les résultats ci-après :

Scorie tenant 0,015 de matte et 0,305 de quartz.	3,21
Matte tenant 0,337 de cuivre.	4,56

Toutefois, la force avec laquelle la matte tend à se précipiter n'est pas tout à fait en raison de cette différence : pour l'apprécier exactement, il faut avoir égard, non à la densité du mélange mécanique de trois corps qui constitue la scorie de la fonte II, mais bien à celle de la pâte même de la scorie; cette densité, calculée d'après la composition rapportée précédemment, est 3,43.

Si, pour donner à la scorie de la fonte II toute la fluidité qu'elle peut acquérir, on dissolvait complétement le quartz qui y est en suspension, par une addition d'oxyde ferreux, on retomberait à peu près dans le cas des scories ferreuses produites, par exemple, dans la fonte n° VI. Or la densité de cette scorie s'élève (voir § 8) à 4,04, et diffère peu de celle de la matte. Ainsi se révèle encore un nouvel inconvénient de la méthode qui consisterait à rendre la scorie homogène par une fusion plus prolongée et l'addition d'un fondant ferrugineux.

La nature bulleuse des scories ne permet de constater exactement la pesanteur spécifique que lorsque la matière a été préalablement réduite en poudre très-fine. En opérant sur de gros échantillons, j'ai constaté que la densité pouvait tomber au-dessous de 1,4. Le fragment le plus compacte que j'aie pu trouver offrait, avec un volume total de 130 centimètres cubes, une densité moyenne de 2,82. La densité moyenne des pains peut être évaluée à 2,40.

Cette étude des pesanteurs spécifiques explique bien la disposition qu'affectent les trois éléments

de la scorie dans la coupe verticale de chaque pain : la zone des fragments de quartz formerait la partie supérieure de chaque pain, et les grenailles de matte se rassembleraient à la surface inférieure, si ces deux surfaces opposées ne se trouvaient d'abord figées par l'influence de l'air et du sable avant que les mouvements intérieurs aient pu s'opérer complétement.

Le tableau II, inséré à la fin du § 13, résume succinctement les autres réactions métallurgiques relatives à cette deuxième opération de la méthode galloise : je crois inutile d'en traiter ici d'une manière plus spéciale.

(*La suite au prochain numéro.*)

DESCRIPTION

de la méthode employée par M. Kind, près de Forbach (Moselle), pour détacher de gros échantillons dans le cours d'un sondage et pour reconnaître la direction et l'inclinaison des couches que l'on traverse;

Traduit de l'allemand par M. COMBES.

Les *fig.* 1 et 2, *Pl. V*, représentent l'outil particulier employé par M. Kind pour forer annulairement autour du témoin que l'on veut détacher. Il consiste en deux bras en fer qui, partant de la tige de l'outil viennent se terminer vers le bas à une forte couronne à laquelle sont fixés les ciseaux destinés à attaquer et à broyer la roche. Le diamètre extérieur de l'anneau doit être inférieur de $0^m,005$ au moins à celui du trou de sonde, afin que les ciseaux puissent saillir en dehors (*fig.* 1 *a* et 2 *a*). Cette saillie est absolument nécessaire parce que autrement la couronne s'engorgerait facilement et le témoin serait détaché trop tôt. Cette saillie facilite, pendant le battage, le dégagement de l'eau et des boues entre le contour de la couronne et les parois du trou de sonde. C'est aussi dans le but de faciliter ce dégagement que l'on a mélangé de légères cannelures sur les contours extérieur et intérieur de la couronne. Les ciseaux, en fer aciéré, au nombre de six ou huit, suivant le diamètre du trou de sonde, sont fixés à la couronne par des rivets en fer; on a soin de ne pas percer le trou destiné à recevoir le rivet dans le milieu du tenon du ciseau, afin de ne pas trop

affaiblir ce tenon. L'expérience a fait voir que la disposition radiale des taillants des ciseaux était la plus avantageuse.

Le trépan représenté *fig.* 5 et 6, *Pl. V*, est construit sur le même principe que les précédents; seulement, au lieu de fixer l'anneau à deux bras on l'a rivé à un cylindre en tôle; on y trouve, outre l'avantage de l'économie, celui de pouvoir extraire des témoins d'un volume plus considérable dans les roches d'une assez faible consistance. L'outil représenté *fig.* 3 et 4 est destiné à détacher et à ramener au jour les témoins cylindriques qui ont été dégagés sur leur pourtour par l'outil précédent. Il se compose d'un cylindre en tôle *t*, d'un diamètre approprié à celui du trou de sonde, portant à sa partie inférieure la couronne en fer fixé par des rivets. Cet anneau porte plusieurs dents en fer aciéré (*fig.* 4 *a*) mobiles autour de charnières horizontales, et dont les pointes quand elles sont ouvertes viennent presque se toucher au centre de la couronne. A l'intérieur du cylindre en tôle se trouve un anneau en fer *r*, qui peut s'y mouvoir dans le sens vertical, et qui est suspendu à deux bras en fer qui se réunissent sur une même tige *n* (*fig.* 4).

Veut-on extraire un témoin avec les outils ci-dessus, on commence par aléser le fond du trou de sonde, on en unit et aplanit le fond, et on le nettoie aussi parfaitement que possible. On introduit alors dans le trou le trépan à couronne armée de ciseaux, fixé à l'extrémité des tiges. Lorsqu'il est arrivé au fond, on bat à petits coups, en ayant soin d'imprimer à l'outil un mouvement de rotation continu ; on s'arrête lorsque l'on a atteint une profondeur que la courbure des bras qui portent

la couronne ne permet pas de dépasser. Cela fait on retire cet outil que l'on remplace par le second. Celui-ci est fixé aux tiges par le tenon *m*; l'anneau *r*, intérieur au cylindre *l*, est suspendu par sa tige *n* à une corde, ordinairement celle du cylindre à soupape. Quand l'appareil est arrivé sur le témoin que l'on veut extraire, on tend la corde pour amener l'anneau à la partie supérieure du cylindre, tandis que celui-ci continue à descendre et enveloppe le témoin; les dents fixées à la couronne inférieure se relèvent dans le mouvement et s'appliquent contre les parois du cylindre; ce dernier étant arrivé au fond de l'espace annulaire creusé par le trépan à couronne, on lâche la corde et l'anneau, descendant en vertu de son poids, se loge entre la paroi intérieure du cylindre et les dents qu'il force à s'appliquer contre le témoin: il suffit ensuite de relever la sonde pour détacher le *témoin de sa base* et le ramener au jour. On peut supprimer la corde qui soutient l'anneau et la remplacer par une cordelette fixée à la tige de la sonde, cordelette dont on détermine la rupture, quand l'outil est arrivé au fond du trou, par quelques secousses légères imprimées à la sonde. Dans les roches tendres, le témoin se détache sans difficulté sous la traction exercée pour relever la sonde; dans les roches consistantes et tenaces, il faut préalablement l'ébranler en imprimant à la sonde, au moyen du levier de battage, un léger mouvement de va-et-vient dans le sens vertical. Dans tous les cas il faut relever la sonde, en l'empêchant de prendre sur son axe aucun mouvement de rotation, afin que le témoin, arrivant au jour dans la position même où il se trouvait au fond du trou, puisse faire connaître avec certitude le sens

de la direction et de l'inclinaison des couches.

M. Kind est parvenu par ce moyen à retirer, de trous de sonde de plusieurs centaines de mètres de profondeur, des témoins cylindriques de 0m,25 de diamètre et de plus de 1 mètre de hauteur. Ce procédé réussit surtout très-bien dans les couches de houille à cause de la fragilité et de la faible pesanteur spécifique de cette substance dont les débris répandus dans l'eau s'échappent facilement par les cannelures du trépan à couronne. La résistance très-différente qu'opposent aux outils de forage les couches de houille et les bancs qui alternent avec elles, permet d'apprécier très-nettement l'épaisseur de ces différentes couches.

Trou de sonde n° 4 à la petite Rossel (fig. 8, Pl. V).

Grès des Vosges.	86m,78	
Grès houiller.	29,55	
Argiles schisteuses.	28,18	
Schistes houillers inclinés de 32 p. 100.	27,28	
Houille.	1,95 —	1,95
Grès et schistes houillers.	6,08	
Houille.	0,10 —	0,10
Grès houiller.	1,64	
Houille.	0,20 —	0,20
Grès schisteux.	0,89	
Grès houiller.	2,76	
Houille.	0,72 —	0,72
Grès houiller.	26,31	
Houille.	2,70 —	2,70
Schiste houiller.	0,21	
Houille.	1,60 —	1,60
Grès houiller.	13,12	
Houille.	1,00 —	1,00
	180,77 —	8,27

Trou de sonde n° 1 à Stiring (fig. 7. Pl. V).

Grès des Vosges.	77m,21	
Grès houiller.	96,00	
Argiles schisteuses.	13,29	
Schistes houillers.	34,81	
Couche de houille inclinée de 38 p. 100.	2,06 —	2,06
Schiste houiller.	0,70	
Houille.	1,07 —	1,07
Schiste houiller.	0,41	
Houille.	0,49 —	0,49
Grès houiller.	5,30	
Houille.	0,52 —	0,52
	231,86 —	4,14

OBSERVATIONS

sur quelques groupements de cristaux du système régulier;

Par M. H. DE SÉNARMONT.

Les divers modes de groupements, qui se présentent dans les cristaux, correspondent à autant de cas d'équilibre moléculaire stable, dépendant d'un arrangement intérieur différent de celui qui produit leur développement simple. L'agrégation similaire, dans toute l'étendue du milieu cristallisé paraît, il est vrai, la règle générale, et les groupements ne sont que l'exception; mais, dans quelques espèces minérales, cette exception est assez fréquente pour faire supposer que les modes d'arrangement, normal ou exceptionnel, offrent des conditions presque égales de stabilité; de sorte que le système moléculaire s'y prête à peu près indifféremment, et passe de l'un à l'autre par la plus légère influence.

Ces différents cas d'équilibre d'un même système de forces, qui nous sont d'ailleurs complétement inconnues, peuvent fournir des données importantes aux spéculations de physique mathématique; mais cette partie de de la cristallographie est peu avancée, et l'on n'a guère établi, avec précision, que la loi de groupement par inversion désignée sous le nom d'hémitropie. Cette loi n'est probablement pas la seule, et, dans la druse de cristaux la plus compliquée, l'orientation de chaque individu doit être soumise à des condi-

tions géométriques qui restent encore à découvrir. Tous les modes d'hémitropie proprement dite sont d'ailleurs bien loin d'avoir été déterminés, et je me propose de faire voir que le système régulier lui-même admet un groupement hémitrope qu'on n'avait pas encore signalé, quoiqu'il se rencontre dans plusieurs espèces minérales importantes.

Avant d'aller plus loin, je démontrerai que l'hémitropie jouit, dans ce système, d'une propriété géométrique dont on verra plus loin les applications.

Si deux cristaux du système régulier sont accolés de manière que l'un d'eux puisse être considéré comme ayant tourné, à partir du parallélisme, de 180° *autour de la normale à une face quelconque qui leur est commune, les faces du second cristal seraient toutes des faces possibles du premier; c'est-à-dire qu'elles interceptent sur ses axes des longueurs exprimables en nombres entiers.*

Soient XYZ (*fig.* 1, *Pl. VI*), le triangle trirectangle formé par l'intersection des trois axes cristallographiques du premier cristal avec une sphère dont le centre est à l'origine, P et Q les pôles de deux faces quelconques, $\frac{a}{h}, \frac{a}{k}, \frac{a}{l}, \frac{a}{p}, \frac{a}{q}, \frac{a}{r}$ les longueurs interceptées respectivement sur les trois axes par chacune de ces faces; h, k, l, p, q, r sont des nombres entiers et l'on a :

$$\frac{\cos PX}{h} = \frac{\cos PY}{k} = \frac{\cos PZ}{l} = \frac{1}{\sqrt{h^2+k^2+l^2}}$$

$$\frac{\cos QX}{p} = \frac{\cos QY}{q} = \frac{\cos QZ}{r} = \frac{1}{\sqrt{p^2+q^2+r^2}}$$

Si la face P devient un plan d'hémitropie, Q, considéré comme pôle de la face du cristal mobile, viendra en Q'; l'arc PQ=PQ', et l'on a :

$$\cos XPQ = \frac{\cos QX - \cos PX \cos PQ}{\sin XP \sin PQ} = -\cos XPQ' =$$
$$= -\frac{\cos Q'X - \cos PX \cos PQ'}{\sin XP \sin PQ'};$$

donc

$$\cos Q'X = 2\cos PX \cos PQ - \cos QX,$$

de même

$$\cos Q'Y = 2\cos PY \cos PQ - \cos QY$$
$$\cos Q'Z = 2\cos PZ \cos PQ - \cos QZ;$$

mais

$$\cos PQ = \cos PX \cos QX + \cos PY \cos QY + \cos PZ \cos QZ;$$

donc

$$\frac{\cos Q'X}{2h(hp+kq+lr)-p(h^2+k^2+l^2)} = \frac{\cos Q'Y}{2k(hp+kq+lr)-q(h^2+k^2+l^2)} =$$
$$= \frac{\cos Q'Z}{2l(hp+kq+lr)-r(h^2+k^2+l^2)} = \frac{1}{(h^2+k^2+l^2)\sqrt{p^2+q^2+r^2}}.$$

Les longueurs interceptées sur les trois axes sont donc proportionnelles à des nombres entiers, et Q' est le pôle d'une face possible.

Ceci posé, désignons comme précédemment par X, Y, Z, les axes cristallographiques du premier cube, X', Y', Z', ceux du second (*Pl. VI, fig.* 2); on a évidemment :

$$X'Y = Y'X. \qquad Y'Z = Z'Y. \qquad Z'X = X'Z.$$

On aura, en outre, en supposant dans les formules déjà établies que Q coïncide avec X :

$$\cos X'X = 2\cos^2 PX - 1 \qquad \cos PX = \cos\frac{X'X}{2}$$

$$\cos X'Y = 2\cos PY \cos PX \qquad \cos PY = \frac{\cos X'Y}{2\cos\frac{X'X}{2}}$$

$$\cos X'Z = 2\cos PZ \cos PX \qquad \cos PZ = \frac{\cos X'Z}{2\cos\frac{X'X}{2}}$$

Si l'on raisonne sur Y′ et Z′ comme on vient de le faire sur X′ et qu'on substitue à la place de PX, PY, PZ les valeurs qu'on vient de trouver :

$$\cos\frac{Y'Y}{2} = \frac{\cos X'Y}{2\cos\frac{X'X}{2}} \qquad \cos Z'Y = \frac{\cos X'Y \cos X'Z}{2\cos^2\frac{X'X}{2}}$$

$$\cos Y'Z = \frac{\cos X'Y \cos X'Z}{2\cos^2\frac{X'X}{2}} \qquad \cos\frac{Z'Z}{2} = \frac{\cos X'Z}{2\cos\frac{X'X}{2}}$$

Les inclinaisons des premiers axes cristallographiques sur les derniers forment donc en général un système, où, à l'exception de trois angles, les autres sont égaux par couples, tous ces angles pouvant d'ailleurs être calculés en fonction de trois d'entre eux.

On va maintenant appliquer ces formules à l'étude de quelques groupements particuliers.

Galène. — Si dans une association de cristaux cubiques de galène on mesure les inclinaisons de la face d'un cube sur trois faces d'un autre cube qui le pénètre, on reconnaît que ces inclinaisons satisfont la plupart du temps à la loi des rapports simples.

J'ai observé sur des cristaux associés ainsi deux modes de groupements différents :

Le premier paraît rare, je ne l'ai rencontré que deux fois. Les angles ont été mesurés sur les faces

naturelles de deux couples de cristaux du Cumberland.

Trois des angles compris entre les normales aux faces sont égaux à 109° 31′; tous les autres à 48° 8′.

Le second mode est au contraire très-fréquent et se montre dans toutes les masses lamellaires de galène à large clivage cubique. Ces masses se composent de plusieurs systèmes de cristaux qui s'enchevêtrent et se ramifient l'un dans l'autre de la manière la plus irrégulière et la plus compliquée, sans qu'on puisse jamais apercevoir une face plane de quelque étendue à la jonction de deux cristaux contigus. Mais si l'on détache, au moyen du clivage, en un point quelconque de la masse, deux cubes accolés, on trouve, en conservant les mêmes notations que précédemment :

$$X'X = 73°26'; \; X'Y = 64°35'; \; X'Z = 31°2'$$
$$Y'X = 64°35'; \; Y'Y = 148°58'; \; Y'Z = 73°26'$$
$$Z'X = 31°2'; \; Z'Y = 73°26'; \; Z'Z = 115°25'$$

de sorte que ces angles sont égaux à 73° 36′, 64° 35′, 31° 2′, ou à leurs suppléments. Ces nombres sont des moyennes entre beaucoup de mesures différant à peine de quelques minutes prises sur divers échantillons de galène provenant des filons d'Espagne, d'Angleterre, du Hartz ou du terrain d'arkose de Melle, département des Deux-Sèvres, et de Tallemont, département de la Vendée.

Or on a à très-peu près pour le premier système d'angles

$$\frac{\cos 48°\,8'}{2} = \frac{\cos 109°\,31'}{-1} = \frac{1}{3},$$

et pour le second

$$\frac{\cos 73^\circ\,26'}{2}=\frac{\cos 64^\circ\,35'}{3}=\frac{\cos 31^\circ\,2'}{6}=\frac{1}{7}.$$

Les valeurs rectifiées qui satisferaient rigoureusement à ces relations simples sont dans le premier cas 48° 11′ 27″, 109° 28′ 16″; dans le second 73° 23′ 54″, 64° 37′ 25″, 31° 0′ 10″, et l'on a pour le premier mode de groupement

$$\frac{\cos PX}{1}=\frac{\cos PY}{1}=\frac{\cos PZ}{1}=\frac{1}{\sqrt{3}}.$$

Le plan de la rotation supposée est donc parallèle à une face de l'octaèdre. Cette hémitropie est celle que tous les traités de cristallographie attribuent *exclusivement* au système régulier. M. Lévy l'avait déjà observée sur la galène et cite, dans la description de la collection minéralogique de M. Turner, plusieurs échantillons qui présentent cette particularité.

Si dans le second mode de groupement on prend

$$\frac{\cos X'X}{2}=\frac{\cos X'Y}{3}=\frac{\cos X'Z}{6}=\frac{1}{7}$$

$$\frac{\cos Y'X}{3}=\frac{\cos Y'Y}{-6}=\frac{\cos Y'Z}{2}=\frac{1}{7}$$

$$\frac{\cos Z'X}{6}=\frac{\cos Z'Y}{2}=\frac{\cos Z'Z}{-3}=\frac{1}{7}$$

$$\frac{\cos PX}{3}=\frac{\cos PY}{1}=\frac{\cos PZ}{2}=\frac{1}{\sqrt{14}}.$$

Les inclinaisons calculées, comme les inclinaisons observées, forment trois systèmes dont les angles sont égaux entre eux ou supplémentaires; et le

plan d'hémitropie est parallèle à une face de l'hexaoctaèdre donné par la loi $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}$, ces nombres étant respectivement proportionnels aux longueurs interceptées sur les trois axes.

Je ne pense pas qu'on ait cité jusqu'ici ce mode de pénétration qui cependant paraît de beaucoup le plus habituel à la galène. On remarquera qu'il satisfait comme le premier à la condition exceptionnelle que toutes les faces du cube qui a tourné feraient partie d'une seule et même forme fictive. L'hexaoctaèdre $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}$ présente d'ailleurs cette particularité que les pyramides à six faces, correspondantes aux faces de l'octaèdre, ont leurs six angles égaux entre eux.

Spath fluor. — Les cubes de spath fluor affectent ordinairement le premier mode de groupement et il est signalé dans tous les traités de minéralogie comme propre aux cristaux dichroïques du Derbyshire; mais dans les druses de cristaux il est rarement seul, et l'on peut quelquefois reconnaître, parmi d'autres angles, les systèmes de 73° 24′, 64° 27′, 31° ou des angles supplémentaires. Les cubes de spath fluor peuvent donc aussi se pénétrer suivant la seconde loi. J'ai rencontré ces angles sur divers échantillons venant d'Angleterre (1) et d'autres localités.

(1) Ces échantillons étaient presque tous trop volumineux pour se prêter à l'emploi du goniomètre de Wollaston. J'ai pris l'empreinte des angles saillants ou rentrants avec de la cire à cacheter noire. Quand elle est fine, qu'on l'emploie chaude, et que les faces sur lesquelles on l'applique sont polies, l'empreinte est assez miroitante pour réfléchir la lumière.

Trois cristaux cubiques, d'un jaune de miel, se pénétraient mutuellement, de manière que le n° 1 et le n° 2 sont groupés suivant la première loi, le n° 1 et le n° 3 suivant la seconde. On a donc :

$$X'X=Y'Y=Z'Z=109° 28'; \cos 109° 28' = -\frac{1}{3},$$

$$X'Y=X'Z=Y'X=Y'Z=Z'X=Z'Y=48° 11'; \cos 48° 11' = \frac{2}{3},$$

$$-\cos X''X = \cos Y''Z = \cos Z''Y = \cos 31° = \frac{6}{7},$$

$$\cos X''Y = \cos Y''X = \cos Z''Z = \cos 73° 24' = \frac{2}{7},$$

$$\cos X''Z = \cos Z''X = \cos Y''Y = -\cos 64° 39' = \frac{3}{7}.$$

Mais, parce que les axes cristallographiques sont rectangulaires,

$$\cos X'X' = \cos X'X = \cos X''X + \cos X'Y \cos X''Y + \cos X'Z \cos X''Z;$$

donc

$$\cos X''X' = \cos Z''Z' = \frac{16}{21}. \quad \cos Y''Y' = \frac{19}{21}.$$

$$-\cos X''Y' = \cos Y''Z' = \frac{8}{21}. \quad \cos Y''X' = \cos Z''Y' = \frac{4}{21},$$

$$\cos X''Z' = \frac{11}{21}. \quad \cos Z'X' = \frac{13}{21}.$$

Les angles calculés reproduisent presque exactement les angles observés.

	Valeurs calculées.	Valeurs observées.
$XX'=Z''Z'$	40° 22'	40° 16'
$180°-X''Y'=Y''Z'$	61° 21'	61° 31'
$X''Z'$	58° 25'	58° 14'
$Y''Y'$	25° 13'	25° 6'
$Y''X'=Z''Y'$	79° 1'	79° 16'
$Z''Y'$	51° 45'	51° 36'

L'association des cubes nos 2 et 3 offre l'exemple d'un mode de pénétration très-compliqué, quand on le considère isolément; mais la présence du cube n° 1, avec lequel ils ont tous deux des relations simples, rattache d'une manière évidente ce groupement aux lois ordinaires de l'hémitropie.

Il n'en est plus de même dans l'exemple suivant, parce que le cristal qui devait servir de lien commun n'existe pas.

Sur deux cubes dichroïques, d'un vert-bleuâtre, qui se pénètrent, et dont les faces sont partiellement déformées par un hexatétraèdre très-surbaissé, on peut mesurer les angles suivants, que je mets immédiatement en parallèle avec leurs valeurs calculées.

	Observé.	Calculé.		Observé.	Calculé.
X'X''	83° 11' —	83° 38'	Y'X''	152° 51' —	152° 36'
X'Y''	152° 36' —	152° 44'	Y'Y''	83° 40' —	83° 38'
X'Z''	116° 29' —	116° 43'	Y'Z''	116° 30' —	116° 43'

	Observé.	Calculé.
Z'X''	63° 30' —	63° 17'
Z'Y''	63° 13' —	63° 17'
Z'Z''	140° 59' —	141° 3'

Pour calculer ces angles on a supposé que les deux cubes ont tourné sur un troisième, l'un sur la face de l'octaèdre (1, 1, 1), l'autre sur la face adjacente du même octaèdre (1, 1, — 1). On a donc :

$$\frac{\cos XX'}{-1}=\frac{\cos XY'}{2}=\frac{\cos X'Z}{2}=\frac{1}{3};\ \frac{\cos Y'X}{2}=\frac{\cos Y'Y}{-1}=$$
$$=\frac{\cos Y'Z}{2}=\frac{1}{3};\ \frac{\cos Z'X}{2}=\frac{\cos Z'Y}{2}=\frac{\cos Z'Z}{-1}=\frac{1}{3};$$
$$\frac{\cos X''X}{-1}=\frac{\cos X''Y}{2}=\frac{\cos X''Z}{-2}=\frac{1}{3};\ \frac{\cos Y''X}{2}=\frac{\cos Y''Y}{-1}=$$
$$=\frac{\cos Y''Z}{-2}=\frac{1}{3};\ \frac{\cos Z''X}{-2}=\frac{\cos Z''Y}{-2}=\frac{\cos Z''Z}{-1}=\frac{1}{3}.$$

Et comme dans l'exemple précédent :

$$\cos X'X'' = \cos Y'Y'' = \frac{1}{9};\ \cos X'Y'' = \cos Y'X'' = -\frac{8}{9};$$

$$-\cos X'Z'' = -\cos Y'Z'' = \cos Z'X'' = \cos Z'Y'' = \frac{4}{9};$$

$$\cos Z'Z'' = -\frac{7}{9}.$$

Ce nouveau groupement n'est donc encore qu'une conséquence secondaire de l'hémitropie ordinaire, et l'on conçoit qu'en combinant ainsi des cubes qui auraient tourné sur les quatre faces non parallèles d'un octaèdre, ou sur les vingt-quatre faces non parallèles d'un hexaoctaèdre, on puisse produire un grand nombre de pénétrations différentes. Les faces de chacun des cubes intercepteraient sur les autres arêtes des longueurs exprimables en nombres entiers, mais, au milieu de ces nombres plus ou moins élevés, il aurait été impossible de démêler *à priori* la loi d'association.

Des modes de groupements divers peuvent donc résulter pour le spath fluor de deux lois différentes d'hémitropie, rien ne démontre d'ailleurs que ce minéral n'en admet pas une ou plusieurs autres. La pyrite présente probablement de son côté une complication de ce genre, car les mesures que j'ai prises indiquent des modes d'associations très-variables suivant les échantillons. Peut-être même ces associations se font-elles suivant des lois tout autres que celles que je viens d'exposer : mes observations sont encore en trop petit nombre pour rien décider à cet égard.

NOTE

sur les variations de certains gîtes métallifères en profondeur;

Par M. AMÉDÉE BURAT.

Dans un mémoire précédent (1), nous avons établi la continuité réelle des minerais en profondeur, dans les différentes classes de gîtes métallifères, du moins pour les zones accessibles à nos travaux d'exploitation. Nous avons obtenu cette démonstration en faisant voir que dans la plupart des cas où des mines ont été déclarées épuisées en profondeur, ce prétendu épuisement n'était dû qu'à une mauvaise interprétation d'accidents passagers, et à des recherches insuffisantes; soit même aux difficultés croissantes que présentent les travaux souterrains à mesure que leur profondeur augmente; soit enfin à des changements fréquents qui surviennent dans la nature minéralogique des minerais.

Beaucoup de gîtes métallifères, réguliers ou irréguliers, présentent en effet dans leurs parties supérieures une composition qui se modifie en profondeur, ces variations qui portent à la fois sur les gangues et les minerais ont été attribuées, dans la plupart des cas, soit à des altérations spontanées, soit à des transports moléculaires postérieurs à leur formation.

Ainsi on connaît dans tous les pays de mines le fait

(1) Annales des mines, 4e série, tome XI, page 27.

si fréquent de l'altération des affleurements auxquels les Allemands ont donné le nom de *chapeaux de fer*, et que dans le Cornwall on désigne sous la dénomination de *Gossan*. Le trait le plus saillant de cette altération est en effet la coloration de la masse par les couleurs ochreuses dues à la décomposition des pyrites, et un ramollissement général du gîte dont les gangues argileuses sont *pourries*, suivant l'expression des mineurs, et les gangues quartzeuses *cariées* et caverneuses.

Ces modifications n'atteignent pas seulement les affleurements, elles s'étendent à des profondeurs variables, mais qui souvent dépassent 50 mètres et vont même dans certains cas au delà de 100 mètres. Dans ces régions supérieures, les minerais caractéristiques des gîtes sont également dans des conditions minéralogiques toutes particulières. Les filons plombifères, par exemple, dont la galène est le minerai normal en profondeur, nous présentent dans toute la région supérieure le carbonate et le phosphate de plomb fréquents ou même dominants; le sulfate, l'arséniate, le chlorure étant accidentels. L'argent, si intimement mélangé à la galène normale, est isolé à l'état d'argent natif en filaments, rameaux et dendrites, quelquefois à l'état de chlorure et de bromure. La blende semble aussi transformée et le zinc se présente à l'état de carbonate ou de silicate.

Les gîtes cuprifères sont ceux qui offrent les différences les plus complexes et les plus saillantes. Ainsi, tandis que les minerais sulfurés, panachés ou pyriteux, constituent en profondeur le minerai normal; la région modifiée, que l'on peut appeler celle du Gossan, offre du cuivre natif, des

oxydes terreux ou cristallins, des hydrosilicates, des hydrocarbonates, des phosphates, des arséniates, des chlorures; minéraux remarquables par leurs belles couleurs et qui donnent alors aux gîtes une physionomie toute spéciale.

Le passage de ces minerais des régions supérieures aux sulfures qui les excluent en profondeur, ne se fait pas d'une manière brusque. Il y a toujours une zone de caractères mixtes où les minerais sont mélangés.

Un autre caractère concórde avec celui de la transformation de la composition en profondeur, c'est celle de la structure. Dans les filons, par exemple, on sait que la structure rubannée, c'est-à-dire en zones parallèles au toit et au mur est un fait généralement observé; or ce rubannement n'existe plus dans les parties altérées des régions supérieures qui ont une structure toujours massive et fragmentaire sans régularité. Dans les gîtes irréguliers et dans les filons qui ne sont pas sujets au rubannement, bien que la transformation de la structure en profondeur soit en quelque sorte indéfinissable, on la remarque cependant assez facilement parce que les éléments sulfurés et cristallins de la profondeur sont presque toujours coordonnés à un système dominant de structure. Les matières métallifères se trouvent soit en zones épaisses, soit en veinules, soit en druses, soit en rognons, soit en masses lenticulaires et arrondies; tandis que les parties modifiées ne présentent que des masses confuses et des imbibitions irrégulières.

Tels sont les caractères généraux des variations dont on trouve des exemples dans tous les districts métallifères. Le Cornwall, les Vosges, la Belgi-

que, les Provinces Rhénanes, la Saxe, l'Oural, le district métallifère de Santiago de Cuba, etc., présentent des types nombreux de ces gîtes modifiés. Les pacos et les colorados argentifères de l'Amérique du Sud représentent également les Gossans métallifères de gîtes sulfurés en profondeur.

Ayant eu occasion d'étudier un assez grand nombre de ces gîtes variables, nous sommes arrivés à douter que les différences de composition des parties supérieures fussent réellement dues à des altérations postérieures à la formation de ces gîtes, et nous pensons d'après plusieurs de ces études que *dans un grand nombre de cas ces différences résultent de faits contemporains de la génération même des gîtes.*

Si les décompositions provoquées par les agents atmosphériques, par les eaux souterraines qui trouvent la plupart du temps dans les filons des vides et des fissures qui facilitent leur circulation, par la plus grande conductibilité électrique des filons; si ces décompositions étaient l'origine de l'état particulier que nous avons signalé, cet état particulier serait aussi général que les causes auxquelles il se trouve ainsi attribué. Il n'en est rien cependant, et nous pouvons citer des districts entiers où ces décompositions n'ont pas atteint les sulfures métalliques. Dans les districts où les régions supérieures de certains gîtes sont très-modifiés, nous en voyons un grand nombre d'autres qui ne le sont pas; nous trouvons même cette divergence de caractères dans des filons qui sont parallèles, juxtaposés et soumis à des conditions physiques absolument identiques.

Ainsi, par exemple, l'Algérie nous a présenté

un grand nombre de filons dont les minerais sont : soit le cuivre pyriteux, soit le cuivre gris arsénifère et antimonifère. A Mouzaïa, où les affleurements de ces filons formaient des murailles très-saillantes, c'est à peine si les décompositions spontanées avaient pu atteindre les parties déchaussées ; les premiers coups de marteau suffisaient pour découvrir des parties saines et métalliques. Dans la vallée de l'Oued Boukandah, près Tenès, ainsi que dans celle de l'Oued Boussoussa, les filons contenant la pyrite cuivreuse la présentaient immédiatement, sans aucune décomposition, avec un éclat que le passage des eaux suffisait souvent pour aviver dans le fond des vallées. Le même fait s'est présenté dans les filons de la vallée de la Chiffa, de telle sorte que l'on est encore à trouver dans ce vaste pays, un filon qui ait subi ces altérations profondes dont les filons cuivreux de Rheinbreitenbach, par exemple, nous présentent un exemple si frappant. En Allemagne et dans la région même où ce trouve ce filon altéré de Rheinbreitenbach, nous en avons vu dont les affleurements entamés à un ou deux mètres de profondeur, présentaient aussitôt et avec tout leur éclat métallique les pyrites cuivreuses, la galène, la blende, etc.

Parmi les filons plombifères dont la région supérieure contient principalement des phosphates et des arséniates de plomb, tandis que la galène domine en profondeur, nous citerons un des filons du *zug* (faisceau) de Silbach, près Holzappel, dans le Nassau. Ce filon contient encore une proportion notable de phosphate à 50 mètres du jour, et dans sa partie supérieure le phosphate de plomb était le minerai principal, tandis que tous les autres filons du même zug étaient exclusivement caractérisés par la

galène. Comment une altération si profonde n'eut-elle attaqué qu'un seul filon, sur quatre dont les conditions physiques d'exposition aux agents atmosphériques, et dont les conditions de gisement sont absolument identiques. Si l'on vient à comparer les gangues du filon altéré avec celles de ceux qui ne le sont pas, on trouve que le quartz com pact dans ces derniers est carié et caverneux dans l'autre; on trouve que les roches des épontes et les épontes elles-mêmes qui, dans les filons sains, n'ont rien de particulier, sont comme le quartz pénétrées de phosphate vert et jaune, cristallin ou terreux. En voyant ces gangues quartzeuses, dures, compactes, bien séparées du minerai, devenues dans un seul filon, cariées, poreuses et pénétrées par d'autres principes métallifères; en étudiant cette action énergique qui a décoloré et pénétré de ces mêmes principes les roches des épontes, on ne peut s'empêcher de conclure qu'une action modificatrice si énergique eût attaqué l'ensemble de ces filons appartenant au même faisceau et qu'il est plus rationnel de supposer que les différences de composition sont dues à des actions contemporaines qui seules ont pu agir avec autant de force, et par exception sur un seul filon.

Ces anomalies dont nous pourrions multiplier les citations, doivent nécessairement jeter quelques incertitudes sur les conclusions théoriques généralement adoptées. Pour fixer l'esprit, pénétrons maintenant dans l'intérieur de quelques gîtes qui peuvent être cités comme des types d'altération profonde des parties supérieures et étudions les détails de cette altération.

Le filon de Kautenbach sur la rive droite de la Moselle (province du Hunsdrück) est comme ceux

de Berncastel, dont il est voisin, un filon plombifère à gangue de quartz. Toute la partie supérieure de ce filon, jusqu'à une profondeur qui est en certains points à plus de 60 mètres du jour, abonde en phosphate de plomb jaunâtre qui a longtemps été le minerai normal, aussi bien que la galène. La puissance du phosphate compacte ou cristallin a dépassé sur plusieurs points 0,60, et, bien qu'il soit impossible de faire aucune évaluation de la quantité de phosphate fourni par ce filon depuis les premiers temps de son exploitation, toujours peut-on dire que cela se comptait par centaines de mètres cubes. En 1846, on extrayait encore des quantités très-notables de ces phosphates, quoique les chantiers fussent à 60 mètres du jour et j'ai pu faire sur les minerais les observations suivantes : le phosphate était compacte, brun ou blanc-jaunâtre, et sillonné de géodes cristallines comme l'eût été un minerai sulfuré. En plusieurs points, le phosphate était intimement mélangé de galène et plus souvent encore les cristaux de phosphate de $0^m,005$ à $0^m,020$ de diamètre parfaitement nets étaient empâtés dans de la galène ; enfin on trouvait encore la galène en stalactites, recouvrant dans les géodes les groupements cristallisés de phosphate, et même des cristaux hexaèdres de galène, épigénies du phosphate.

Cette pénétration intime des deux combinaisons ne permet guère de supposer que les phosphates de plomb soient postérieurs à la galène et résultent de sa décomposition. D'où serait venue cette énorme quantité d'acide phosphorique, qui ne se trouve d'ailleurs ni dans les autres minéraux du filon, ni dans les roches encaissantes. N'est-il

pas plus logique d'admettre que les phosphates ont été formés en même temps et par les mêmes voies que la galène, et qu'ils se sont principalement condensés près du jour, peut-être parce qu'ils étaient plus volatils que la galène qui occupa la profondeur.

Parmi les filons cuprifères, celui de Rheinbreitenbach, que nous avons précédemment décrit dans les *Études sur les mines*, nous servira d'exemple pour les variations de composition en profondeur. Ce beau filon, composé de quartz compacte, présente au niveau de 120 mètres, pour minerai normal, un mélange intime de cuivre sulfuré, panaché et de cuivre pyriteux, tandis que dans toute la partie supérieure c'était le cuivre phosphaté qui dominait.

Ces phosphates des régions supérieures étaient mélangés de quelques combinaisons accidentelles, telles que des arséniates, de la malachite, du cuivre natif et du cuivre oxydulé. En s'approfondissant les minerais sulfurés se mélangèrent aux minerais phosphatés et finirent par les exclure. On a pu faire intervenir l'hypothèse d'une décomposition spontanée des sulfures de la région supérieure, dans les gîtes cuprifères de la Sibérie où la malachite leur est substituée, dans les gîtes de Santiago de Cuba où c'est le cuivre natif et oxydulé; mais ici comment expliquer l'intrusion d'une immense quantité d'acide phosphorique dans un filon d'une composition si simple.

Le quartz qui sert de gangue aux minerais phosphatés aussi bien qu'aux minerais sulfurés présente lui-même quelques variations qui peuvent éclaircir ces questions théoriques. Dans toute la région des phosphates et des oxydes, ce quartz

présente des druses et des géodes calcédonieuses, et c'est dans ces géodes que se trouvent des cristaux ramuleux de cuivre natif, et ces beaux oxydes rouges, capillaires, si recherchés des minéralogistes. En profondeur, dès que les minéraux sulfurés ont exclu les phosphates, le caractère calcédonieux est éliminé, il n'y a plus de druses ni géodes, et le remplissage est uniquement composé de quartz compacte fendillé. Ainsi donc à la difficulté d'expliquer la nature des transformations du minerai par des altérations spontanées, se joint l'impossibilité d'attribuer à cette même origine l'état en partie calcédonieux du quartz et la création de druses et géodes dans une matière absolument compacte.

L'intervention de l'eau, dans les phénomènes du remplissage de la partie supérieure du filon, est indiquée à la fois par la nature calcédonieuse et stalactiforme de la gangue, et par la composition hydratée des phosphates. Que l'on suppose donc cette intervention favorisée par le voisinage de la surface, supprimée au contraire en profondeur par l'effet de la température et de la pression, et l'on aura fait un grand pas vers une théorie probable. Les filons ont été en effet assimilés à des solfatares métallifères par lesquels l'intérieur du globe était mis en communication avec la surface, et dès lors on peut concevoir comment l'intervention de l'eau et de quelques autres principes a pu modifier les émanations souterraines qui déterminaient le remplissage.

Après avoir étudié ces modifications des filons plombifères et cuprifères, nous hésiterions encore à généraliser nos conclusions, si les gîtes calaminaires de la Belgique et de la Prusse Rhénane ne

nous apportaient des faits saisissants, développés sur une échelle des plus vastes, exprimant avec plus de précision les différences qui ont pu exister entre les phénomènes de remplissage vers la surface ou dans les profondeurs.

Les gîtes calaminaires situés dans les plans de la stratification fortement relevée, des calcaires antraxifères et des psammites ou des schistes houillers, affectent des formes très-irrégulières. On peut les considérer comme des amas en chapelets, réunis entre eux par des canaux sinueux et de section très-réduite comparativement à celle des renflements: la section horizontale des amas dépasse quelquefois 50.000 mètres carrés, comme à Moresnet et au Dos sur la Meuse, tandis que dans les canaux elle paraît souvent se réduire au-dessous de 100 mètres. Ces cheminées irrégulières, en communication avec les émanations souterraines, paraissent, en certains cas, avoir débouché au jour dans des espèces de vallons ou bassins remplis d'eau et dans lesquels agissaient en même temps des phénomènes sédimentaires. Les soufflards volcaniques connus sous le nom de *Lagoni* nous présentent un phénomène actuel analogue à celui que nous admettons. Ces soufflards débouchent en effet dans une dépression où s'étaient formées des lagunes, et ils nous apparaissent comme des centres d'altérations métamorphiques et de générations de quelques substances particulières.

Telles sont aussi les conclusions d'une description de plusieurs de ces gîtes que nous avons publiée et appuyée sur les plans et coupes des mines (1).

(1) Études sur les gîtes calaminaires et sur l'industrie du zinc en Belgique (1846).

Voyons en effet les variations que présentent les matières diverses qui constituent les gîtes. Dans les grands bassins superficiels comme ceux de Moresnet et du Dos, on trouve des matières évidemment stratifiées par les eaux : telles sont les argiles bolaires, bariolées de Moresnet, et les sables du Dos accompagnés de poudingues à cailloux roulés de quartz blanc cimentés par la calamine. Dans le gîte de la Mallieue, et dans celui de la nouvelle montagne près Verviers, ces produits sédimentaires, consistant en sables arénacés purs ou mélangés d'argile et de minerais, tels qu'oxyde de fer, calamine et galène, se trouvent à des profondeurs notables, par exemple à 30 ou 40 mètres du jour, et occupent à ces niveaux des espaces assez considérables.

D'après cette composition de la région supérieure des gîtes, en minerais principalement *oxydés, carbonatés* et silicatés, mélangés avec des produits évidents de transports et de sédiments dus à l'action des eaux; la première idée des exploitants fut de conclure que ces gîtes étaient de simples remblais superficiels, qui n'avaient aucune continuité en profondeur. Ces idées théoriques furent assez générales jusqu'à ce que le grand développement de la fabrication du zinc eût conduit à approfondir les travaux.

On vit alors que les oxydes de fer et les calamines de la surface étaient remplacés en profondeur par une proportion croissante de pyrite et de blende. La galène qui n'était qu'en faible proportion dans les gîtes superficiels prit également plus d'importance dans le remplissage. Dans quelques mines la substitution est complète. Aujourd'hui on ne doute plus que tous les gîtes

oxydés et carbonatés à la surface ne se transforment dans la profondeur en minerais sulfurés. Or si les sulfures doivent être attribués à des phénomènes agissant de bas en haut, il est difficile de ne pas supposer la même origine aux carbonates, oxydes et silicates.

Cette théorie une fois admise, il ne reste plus qu'à la compléter par l'explication des différences signalées dans la composition. Dans les gîtes calaminaires l'explication est donnée par la nature même du remplissage; toute la partie supérieure a été remplie sous les influences mixtes des actions souterraines et sédimentaires, tandis qu'en profondeur les émanations inférieures agissaient exclusivement.

Les gîtes calaminaires de la Silésie, étudiés par M. Delesse, lui ont suggéré des idées analogues: ils résultent de la sédimentation, stratifiant les produits d'émanations souterraines avec des argiles. Les bassins de la Silésie sont beaucoup plus vastes que ceux de la Belgique et les conduits inférieurs n'ont probablement plus aucune importance de section, comparativement à celle des dépôts.

Dans la Sierra-Morena, les gîtes de Los-Santos nous ont offert un exemple analogue. Un filon très-puissant, du moins dans la partie supérieure, présente une composition mixte où les phénomènes, non plus de sédimentation arénacée, mais de précipitation chimique d'un travertin calcaire, ont eu autant de part au remplissage que les émanations souterraines qui produisaient le fer spathique et les minerais de cuivre. (Voir le *Supplément aux études sur les mines.*)

En étudiant les mines du Chili, M. Domeyko est arrivé à conclure que les chlorures d'argent,

abondants à la surface, étaient remplacés en profondeur par des minerais sulfurés, et que cette modification résultait, non pas d'actions postérieures, mais d'actions contemporaines à la formation du gîte. La même explication a été appliquée à des gîtes de pacos et colorados argentifères du Mexique et du Pérou qui, dans la profondeur, se transforment en negros, c'est-à-dire en minerais sulfurés.

Concluons donc que les différences de composition signalées dans beaucoup de gîtes en comparant les niveaux, résultent de ce que les émanations métallifères se sont modifiées en approchant de la surface, sous l'influence des eaux et d'autres causes extérieures, de telle sorte que ces variations ne doivent pas être attribuées à des altérations postérieures, mais bien aux phénomènes générateurs eux-mêmes.

Nous ne voulons pas étendre ces conclusions d'une manière absolue, en prétendant que tous les phénomènes attribués aux altérations spontanées l'ont été à tort. Parmi les exemples mêmes que nous avons pris pour base, le filon de Rheinbreitenbach nous offre plusieurs circonstances d'altérations et de transports moléculaires; nous y trouvons un filon croiseur rempli de débris stéatiteux et basaltiques, pénétré à son contact avec le filon, de cuivre natif qui en tapisse les fissures jusqu'à plusieurs mètres de distance. Ce fait comme beaucoup d'autres faits de détail, est bien le résultat d'une action postérieure. Mais les grandes variations dont nous avons signalé les exemples principaux diffèrent complétement de ces détails, et sont hors de proportion avec les causes auxquelles on les attribuait.

Les faits présentés et discutés dans cette note, peuvent contribuer à préciser encore la théorie générale des gîtes métallifères. Ils nous montrent en effet les résultats des émanations souterraines se modifiant de plus en plus à mesure qu'on s'éloigne du siége des actions génératrices, de manière à former, suivant les observations de M. Élie de Beaumont (1), des zones de nature différente.

Ainsi les minerais sulfurés, oxydulés et peut-être natifs, forment la zone la plus inférieure que nous connaissions, laquelle se montre quelquefois à la surface sous la forme de gîtes éruptifs : à ces minerais nous assignerons comme caractère l'état compacte et l'homogénéité des masses. On trouve en effet ces caractères très-prononcés dans le fer oxydulé éruptif de la Calamita dans l'île d'Elbe, et dans le fer oxydulé éruptif du Taberg en Suède; on les trouve dans les pyrites et autres minéraux contenus dans les amphibolites de la Toscane et de la Norwège; les métaux natifs contenus dans les trapps sont toujours à l'état compacte et se distinguent en cela des métaux natifs des affleurements qui sont en dendrites cristallines et filaments capillaires.

Une seconde zone est caractérisée par l'état cristallin et géodique des mêmes minerais, par le mélange et la variété des espèces et par la variété des gangues; cette zone comprend presque tous les filons. Le gîte si éminemment cristallin de Rio dans l'île d'Elbe appartient aussi à cette seconde zone. Les pyrites, les falherz, galène, blende, argent rouge, etc., cristallisés du Harz, de la Saxe, du massif rhénan, etc., appartiennent à cette caté-

(1) Société géologique, séance du 3 juillet 1847.

gorie des gîtes formés par sublimation. L'état des minerais rappelle en effet celui des matières amenées dans les cratères actuels par la vapeur d'eau, et cette zone nous représente les émanations des masses souterraines de la zone précédente.

Enfin en approchant du jour nous trouvons les phosphates, les chlorures, les arséniates, les métaux natifs cristallins ou capillaires et les oxydes terreux des chapeaux de fer; minerais qui constituent une troisième zone aussi bien caractérisée que les précédentes.

Les faits nous manquent pour apprécier les épaisseurs comparatives de ces diverses zones. La zone inférieure nous apparaît comme ayant en quelque sorte une épaisseur indéfinie et qui ne peut être sondée; la zone intermédiaire n'a jamais pu être traversée et des travaux de 800 mètres de profondeur pratiqués dans certains filons n'ont pu constater aucune variation qui annonçât la proximité des minerais de la zone inférieure. Quant à la zone supérieure, 50 mètres seraient presque une moyenne, et 100 mètres un maximum; son épaisseur est donc très-faible comparativement à celle des deux autres, et elle n'a pour nous une grande importance que parce que c'est celle qui se présente la première à nos recherches.

Cette faible épaisseur de la zone des minerais superficiels doit nécessairement attirer l'attention sur le fait de sa conservation générale, à tel point que nous pouvons reconnaître sur les surfaces actuelles l'existence de bassins dans lesquelles les gîtes métallifères, dont la formation est antérieure à la craie, ont mêlé leurs produits à ceux des actions sédimentaires. Il faut conclure de cette conservation des phénomènes supérieurs que dans

beaucoup de cas on a beaucoup exagéré les révolutions des surfaces terrestres, puisque des monuments si fragiles des actions souterraines sur ces surfaces ont pu arriver jusqu'à nous avec une conservation souvent complète. Les gîtes métallifères superficiels sont donc des preuves nouvelles à ajouter à celles que M. Élie de Beaumont a présentées sur la conservation des surfaces continentales.

DESCRIPTION

D'un nouveau procédé de traitement métallurgique des minerais de cuivre;

Par MM. RIVOT et PHILLIPS, Ingénieurs des mines.

Le but de cette notice est de faire connaître un nouveau procédé de traitement des minerais de cuivre, que nous avons étudié et mis en pratique, d'abord au laboratoire de l'École des mines, et ensuite dans un fourneau à réverbère que nous avons fait construire à cet effet près de Paris (1).

Nous dirons d'abord quelques mots sur nos expériences de laboratoire, nous décrirons ensuite nos essais métallurgiques, et nous indiquerons l'avantage que nos résultats nous semblent promettre pour les espèces les plus ordinaires de minerais de cuivre.

L'un de nous, dans un voyage exécuté en Angleterre en 1845, eut connaissance de tentatives faites dans une usine anglaise pour extraire le cuivre métallique par une action voltaïque, de minerais sulfurés préalablement grillés. Les renseignements qu'il put obtenir étaient conformes à ceux publiés dans le Bulletin de la Société d'encouragement sur les expériences de M. Napier. On

(1) Les expériences ont été faites dans le courant de l'année 1846 et dans l'hiver 1847, à Grenelle, à l'usine de la compagnie Seyssel, qui a mis à notre disposition, avec la plus grande obligeance, les terrains nécessaires aux constructions.

grillait complétement les minerais sulfurés; on les fondait ensuite dans un fourneau à réverbère à sole de graphite, et on ramenait le cuivre à l'état métallique, en faisant passer à travers le silicate métallique en fusion un courant voltaïque très-puissant, conduit par la sole en graphite et par une plaque de fonte maintenue à la surface du bain.

Partant de ces données, nous avons essayé d'abord de réduire par un courant électrique, non pas le silicate de cuivre, mais le sulfure de cuivre pur. Après quelques tâtonnements, nous sommes parvenus à faire passer pendant plus de deux heures un courant constant à travers du sulfure de cuivre fondu au rouge.

Dans un creuset de Hesse ordinaire nous disposions deux petits fragments de coke compacte maintenus à une petite distance par du lut bien comprimé, et dans lesquels plongeaient deux fils de platine communiquant avec les deux pôles de la pile employée. Les fils de platine étaient préservés de l'action du soufre par les fragments de coke et par le lut; nous avons reconnu, par des expériences directes, que le coke est bon conducteur au rouge, et que le lut ne l'est presque pas à cette température.

La disposition de notre creuset est indiquée dans le croquis *Pl. VI, fig.* 3, qui représente une coupe suivant l'axe du creuset :

a, a, sont les deux fragments de coke taillés à la scie.

b b, est le lut qui sert à les maintenir.

d, est le sulfure de cuivre, qui, fondu, baigne les deux fragments de coke.

f, f, sont les deux fils de platine qui viennent

s'engager dans deux cavités pratiquées dans les fragments de coke, et qui traversent le fourneau dans deux tubes en porcelaine *e, e*.

Ces tubes, engagés dans deux échancrures du creuset, avaient pour but d'empêcher le contact des charbons avec les fils de platine, ce qui était essentiel pour deux raisons :

1° D'abord les charbons incandescents auraient établi la communication entre les deux pôles de la pile extérieurement au creuset, et par suite une bonne partie, sinon la totalité du courant, aurait été déviée et n'aurait pas traversé la matière en fusion ;

2° Ensuite les cendres alcalines du charbon de bois auraient attaqué rapidement les fils de platine, ce qui eût interrompu le courant.

Des fils de cuivre fermant le circuit communiquaient avec un galvanomètre, dont l'aiguille indiquait par sa déviation l'énergie du courant.

Nous avons employé des piles à courant constant, à éléments cuivre et zinc, et dissolutions de sulfate de cuivre et de sel marin, de six à vingt-quatre couples, et quelquefois seulement une pile de Bunsen à trente couples.

Nous avons toujours fait simultanément deux expériences comparatives, en plaçant dans le fourneau deux creusets entièrement pareils; l'un traversé, l'autre non traversé par le courant.

Nous avons reconnu par plusieurs expériences que le sulfure de cuivre, non décomposé par le coke, ne l'est que très-peu par une pile à courant constant de vingt-quatre couples, produisant une déviation de l'aignille du galvanomètre de 35 à 40 degrés.

En employant une pile de Bunsen de trente

couples, produisant au galvanomètre une déviation de l'aiguille de 45 à 50 degrés, nous avons pu ramener une quantité fort notable de cuivre à l'état métallique, après avoir fait passer le courant pendant plus de deux heures à travers le sulfure de cuivre fondu ; mais la majeure partie du sulfure de cuivre était restée non décomposée.

Ces expériences nous ont convaincus que l'action de la pile est faible sur le sulfure de cuivre, et que la grande énergie du courant voltaïque nécessaire pour la décomposition, ainsi que la difficulté de disposer convenablement les appareils, empêcheraient ce procédé de traitement direct des minerais sulfurés par la pile d'être employé dans l'industrie pour le traitement du cuivre sulfuré et *à fortiori* du cuivre pyriteux, qui est le minerai le plus ordinaire du cuivre.

Des expériences analogues aux précédentes, dans lesquelles nous avons remplacé les deux pôles en coke par des tiges de fer, nous ont indiqué que l'action de la pile rend plus rapide, mais non pas complète, la réduction du sulfure de cuivre par le fer. Il se formait toujours une matte riche en cuivre.

L'action de la pile, aidée de celle du fer, n'a séparé du cuivre pyriteux qu'une très-faible proportion de cuivre.

Dans des essais analogues faits sur la galène ce minerai s'est comporté comme le cuivre sulfuré.

Nous avons ensuite répété les expériences de M. Napier, et cherché à réduire le silicate fondu de cuivre et de fer par un courant conduit par deux pôles, l'un en fer, l'autre en graphite, en contact immédiat avec la matière fondue. Mais nous n'avons pas tardé à nous convaincre que des

trois agents employés dans le creuset pour la réduction de l'oxyde de cuivre, le graphite, le fer, le courant, les deux premiers, principalement le fer, étaient bien suffisants : de nombreuses expériences nous ont prouvé que par l'action du fer seul un silicate de cuivre contenant, outre l'oxyde de cuivre, d'autres bases telles que la soude, la chaux, l'oxyde de cuivre, abandonne en très-peu de temps la totalité de son cuivre, réuni en culot à l'état de pureté complète.

Nous avons essayé postérieurement de réduire l'oxyde de cuivre dans un silicate multiple en fusion, au moyen d'un courant voltaïque assez énergique conduit à travers la matière fondue par deux fils de platine éloignés l'un de l'autre de moins d'un centimètre. Nous n'avons jamais obtenu la moindre indication d'action réductive en continuant pendant plus de deux heures l'action du courant produit par une pile à courant constant de vingt-quatre couples.

C'est ainsi que nous avons été conduits à chercher dans l'action du fer le principe de la réduction de l'oxyde de cuivre.

Nous avons d'abord fait plusieurs expériences dans des creusets afin de déterminer les circonstances les plus favorables à l'action du fer. Voici les principaux résultats que nous avons obtenus :

Dans notre creuset étaient disposées deux ou plusieurs tiges en fer plongeant presque jusqu'au fond et maintenues à la partie supérieure par une couche de lut. La matière employée était soit du cuivre pyriteux grillé, soit un mélange d'oxyde de fer, d'oxyde de cuivre et de sable ; nous ajoutions, comme fondant, de la soude ou du verre terreux, ou même seulement du carbonate de chaux.

En employant la soude comme fondant, la réduction de l'oxyde de cuivre était complète dans un temps très-court, un quart d'heure de fusion; le cuivre obtenu était chimiquement pur. Avec le calcaire ou le verre terreux la réduction complète exigeait une heure de fusion; le cuivre obtenu était très-ferreux (il contenait jusqu'à 15 p. o/o de fer) quand les tiges de fer plongeaient jusqu'au culot de cuivre, et au contraire toujours très-pur quand ces tiges n'arrivaient qu'à une petite distance au-dessus du culot. Le temps nécessaire pour la réduction complète de l'oxyde de cuivre était d'autant plus court que le nombre des tiges de fer était plus grand.

Satisfaits de ces résultats, nous avons fait construire un fourneau à réverbère capable de contenir environ 250 kilogrammes de silicates métalliques fondus, et ne présentant pas d'autre disposition spéciale que six cannelures ou creux verticaux (1) disposés à la paroi opposée à la porte de travail, et de part et d'autre du trou de coulée. Leur but était de maintenir presque de champ dans le bain fondu, et au-dessus de la masse de cuivre rassemblée, six barres de fer de 6 à 8 centimètres de hauteur, épaisses de 2 centimètres, longues de 70 centimètres. Ces barres agissaient ainsi sur une grande hauteur du bain, n'étaient pas en contact avec le cuivre, se plaçaient et s'enlevaient facilement au moyen de grandes pinces; et nous

---

(1) Ces cannelures avaient 5 centimètres de profondeur et de largeur; elles commençaient à environ 6 centimètres au-dessus du point le plus bas de la sole, et se terminaient à quelques centimètres au-dessus du niveau du bain. (Voir le plan du fourneau *Pl. VI*, *fig.* 4 et 5.)

pouvions brasser la matière fondue entre les barres, de manière à la rendre homogène et à renouveler les parties en contact avec le fer.

Nous avons traité dans ce fourneau plus de 3.800 kilogrammes de minerais pyriteux, du Cornouailles, d'Allemagne, d'Espagne, tous préalablement grillés avec soin.

Dans les premières expériences, après avoir fondu le minerai grillé avec de la chaux et des scories pauvres, et quand la fusion était complète, nous placions les six barres que nous laissions agir pendant environ quatre heures. Après ce temps, nous les enlevions et nous faisions la coulée. En opérant ainsi nous avons toujours eu une consommation de fer bien plus grande que celle répondant théoriquement à la réduction de l'oxyde de cuivre. Les scories retenaient de 2 à 3 p. o/o de cuivre.

Nous avons essayé de refondre des scories seules et de faire agir sur elles les barres de fer pendant quatre heures; nous avons obtenu de nouvelles scories aussi riches en cuivre que les premières, et cependant les barres de fer avaient perdu plusieurs kilogrammes de leur poids.

Cette oxydation des barres ne pouvait pas être attribuée à l'action directe sur le fer de l'air non brûlé du fourneau, puisque les barres étaient constamment et entièrement plongées dans la matière en fusion; mais bien évidemment au peroxyde de fer contenu dans le silicate métallique et formé pendant l'opération même par l'action oxydante de la flamme sur le protoxyde de fer combiné avec la silice, et qui devait être ramené par le fer à l'état de protoxyde avant que

l'oxyde de cuivre pût être réduit complétement par le fer (1).

Nous avons cherché, d'après cette explication, à réduire la consommation de fer et à appauvrir davantage les scories, en ajoutant à l'action du fer celle du charbon.

Le charbon pouvait être employé de deux manières : 1° mélangé avec le minerai grillé ; 2° ou bien ajouté après la fusion complète à la matière composée de silicates fondus.

En opérant de cette dernière manière nous avons pu facilement nous convaincre que le charbon n'agit que lentement et faiblement sur les silicates fondus, parce qu'il vient nager à la surface du bain et qu'il ne peut pas être maintenu

(1) Nous pensons devoir placer ici quelques observations sur la formation du peroxyde de fer dans une scorie fondue contenant du protoxyde.

Dans les nombreuses expériences que nous avons faites dans notre fourneau à réverbère, dans lequel la couche de combustible sur la grille était très-peu épaisse, et dans lequel la flamme devait être, par conséquent, très-oxydante, nous avons observé les faits suivants : la surface de la scorie fondue n'étant pas recouverte de charbon et soumise par suite à l'action oxydante de la flamme, la scorie s'épaississait assez rapidement, bien que la température du fourneau allât en augmentant. En plongeant les barres de fer dans cette scorie épaissie, nous la voyions très-rapidement redevenir fluide, les barres perdaient de leur poids sans qu'il y eût réduction de l'oxyde de cuivre; les barres étant enlevées, la scorie s'épaississait de nouveau.

L'explication de ces phénomènes nous paraît simple.

Le protoxyde de fer combiné avec la silice dans la scorie fondue s'oxyde par la flamme, comme cela se voit

dans l'intérieur; cependant son action n'est pas nulle, car, lorsque nous jetions sur le bain une certaine quantité de houille maigre menue, nous observions toujours une augmentation assez rapide de la fluidité, explicable seulement par la réduction à l'état de protoxyde de fer d'une quantité notable de peroxyde. La consommation de fer étant encore fort grande, nous avons cherché à faire agir le charbon en le mélangeant avec le minerai grillé avant de charger dans le fourneau.

Après quelques essais nous avons adopté comme proportion la plus convenable de charbon de bois en poussier ou de houille maigre menue, celle nécessaire pour produire moitié oxyde de carbone, moitié acide carbonique en se combinant avec l'oxygène de l'oxyde de cuivre et celui combiné

---

dans une dissolution humide d'un sel de protoxyde de fer exposée à l'air; le peroxyde de fer formé donne, avec la silice, un composé moins fusible que le protoxyde, la scorie doit s'épaissir. Quand du fer métallique vient à être plongé dans cette scorie contenant du peroxyde de fer, il ramène le peroxyde à l'état de protoxyde avant d'agir sur l'oxyde de cuivre, et la scorie contenant environ 50 p. 0/0 de silice doit devenir rapidement bien plus fluide.

Nous ferons remarquer l'analogie de cette action du fer à haute température sur les silicates fondus à celle de ce métal sur les dissolutions métalliques. Le fer précipite le cuivre d'une dissolution qui ne renferme pas de peroxyde de fer, mais ramène ce dernier à l'état de protoxyde avant de pouvoir agir sur l'oxyde de cuivre.

L'action oxydante des flammes des fourneaux à réverbère sur les scories contenant du protoxyde de fer, peu connue jusqu'à présent, peut avoir une certaine importance dans plusieurs opérations métallurgiques.

au protoxyde de fer dans le minerai grillé. Cette proportion nous a donné, sans employer l'action du fer, des scories contenant en moyenne 2 1/2 p. o/o de cuivre. Nous avons constaté par plusieurs expériences : 1° que cette proportion de charbon n'est pas rigoureuse et qu'elle peut être notablement augmentée ou diminuée sans que la scorie produite soit sensiblement plus pauvre ou plus riche, sans que la qualité du cuivre soit altérée.

2° Qu'en augmentant beaucoup la proportion de charbon mélangé, et en élevant la température du fourneau jusqu'au blanc vif, nous pouvions amener la scorie finale (toujours sans faire agir le fer) à ne contenir que 0,007 de cuivre, mais alors le cuivre renfermait de 8 à 10 p. o/o de fer. En opérant à une température plus basse, à celle strictement nécessaire pour la fusion, nous avons obtenu une scorie finale assez riche en cuivre et du cuivre contenant encore 5 à 6 p. o/o de fer.

3° Que l'action du fer en barres sur un silicate métallique fondu, contenant 2 à 3 p. o/o de cuivre, est énergique et rapide, et que trois heures suffisent pour amener la scorie à une teneur de 0,004 à 0,006; le cuivre obtenu étant exempt de fer.

Voici le mode d'opération auquel nous avons été définitivement conduits :

Dans le fourneau bien chaud nous chargeons le mélange du minerai grillé (150 à 170 kilogrammes pour notre four) avec de la chaux ou du sable et des scories d'une opération précédente, en quantité convenable pour déterminer la fusion de la matière; et du charbon de bois ou de la houille maigre menue dans la proportion indiquée précé-

demment. En ne comptant comme bases dans la charge que le protoxyde de fer et la chaux, nous avons cherché à produire un bisilicate contenant 12 à 15 p. o/o de chaux.

L'expérience nous a indiqué qu'un bisilicate de protoxyde de fer, seule base, fond très-vite et acquiert une grande fluidité, mais donne assez facilement du cuivre ferreux.

Après la charge nous jetons sur la surface de la matière une à deux pelletées de houille menue, destinée à préserver la matière de l'oxydation par les flammes du fourneau. Nous remuons de temps en temps la matière, afin de lui permettre de s'échauffer plus uniformément et de fondre plus vite. Nous sommes toujours parvenus à fondre bien complétement en quatre heures de temps.

Dès que la matière commence à s'agglomérer, les parties qui s'attachent aux ringards contiennent une certaine quantité de grenailles de cuivre; quand la fusion est complète, les outils plongés dans le bain indiquent la réunion du cuivre au point le plus bas de la sole, près du trou de coulée. Nous avons toujours pris des essais de la scorie surnageant le cuivre à cette époque de l'opération, après avoir brassé avec soin pour rendre la scorie homogène. Ces essais contenaient de 2 à 3 p. o/o de cuivre.

Quand tout est bien fondu, nous plaçons six barres pesant ensemble de 36 à 45 kilogrammes, en engageant leurs extrémités dans les cannelures opposées à la porte de travail, et en ayant soin de les plonger entièrement dans le bain.

Nous jetons de nouveau un peu de houille menue à la surface de la scorie, afin d'empêcher la peroxydation du protoxyde de fer de la scorie par les

flammes; puis, de demi-heure en demi-heure, nous brassons avec des râbles à deux dents, très-commodes pour nettoyer dans la scorie, la surface des barres. Nous employons aussi comme moyen énergique de brassage une perche en bois qui, plongée dans la scorie, donne un dégagement considérable de gaz, et produit un fort bouillonnement.

L'aspect de la scorie ne peut guère indiquer l'avancement de la réduction, une fois que la scorie très-riche en protoxyde de fer ne contient plus que 1 à 2 p. 0/0 de cuivre. Toutefois nous avons constaté que les essais pris avec un ringard froid, plongé un instant dans le bain, présentaient toujours au contact du fer une teinte métallique rougeâtre très-prononcée quand la scorie était un peu riche; cette teinte était au contraire insensible quand la scorie ne renfermait plus que 4 à 5 millièmes de cuivre.

Nous avons toujours trouvé que 3 à 4 heures d'action des barres suffisent pour appauvrir la scorie jusqu'à la teneur de 0,004 à 0,006. Après cet intervalle de temps nous retirons les barres et nous faisons la coulée.

La durée d'une opération entière est ainsi de huit heures, et dans une usine on pourrait aisément faire trois opérations par jour.

La perte de poids des barres a varié dans nos expériences de 1 à 6 kilogrammes pour des quantités de cuivre de 12 à 42 kilogrammes obtenues de minerais diversement riches. Cette perte est, du reste, à peu près indépendante de la richesse des minerais, et la consommation de fer est proportionnellement beaucoup moindre pour des minerais riches que pour des minerais pauvres.

Pour des minerais pyriteux d'Espagne contenant 21 p. o/o de cuivre, nous avons consommé 11 de fer pour 100 de cuivre obtenu.

Les minerais anglais que nous avons fondus contenaient 7 p. o/o de cuivre, 4 à 6 p. o/o d'arsenic, un peu d'antimoine et quelques millièmes d'étain. Nous en avons retiré du cuivre noir impur et contenant 3 à 5 p. o/o d'arsenic, 2 à 3 p. o/o d'étain, et seulement quelques millièmes de soufre et de fer. Ce résultat ne nous a pas surpris; l'arsenic ne peut être chassé à peu près complétement que par un assez grand nombre d'opérations successives et alternantes de grillage et de réduction. Aussi ne proposons-nous pas notre procédé pour des minerais contenant beaucoup d'arsenic ou d'antimoine, par exemple pour les cuivres gris.

Avec des minerais pyriteux non arsenicaux nous avons toujours obtenu du cuivre noir très-pur, contenant seulement de 3 à 5 millièmes de soufre et de fer; plusieurs de nos lingots présentaient à la cassure une structure soyeuse très-prononcée.

Nous avons employé une fois comme fondant des scories de réchauffage de la forge de Grenelle, contenant de nombreuses paillettes de fer métallique, notre cuivre s'est trouvé contenir 3 p. o/o de fer; ce que nous avons attribué à ce que les écailles de fer, entraînées tout d'abord par le cuivre, se réunissant au bas de la sole, n'avaient pu se dissoudre en totalité dans la scorie. Ce fait nous a empêché de faire quelques essais pour substituer aux barres de fer de la tournure de fer ou de fonte, dont une partie se serait évidemment mélangée au cuivre.

Le grillage a une certaine influence sur la qualité du cuivre et sur la consommation de fer. Avec des minerais bien grillés nous n'avons jamais eu de matte au-dessus du cuivre. Avec des minerais imparfaitement grillés nous avons obtenu du cuivre noir et une très-petite quantité de matte riche. Le cuivre n'était pas du tout ferreux, et contenait moins de 0,008 de soufre. La consommation de fer a été un peu plus grande qu'avec les mêmes minerais bien grillés, et la scorie finale un peu plus riche.

La température que nous avons adoptée comme la plus convenable est celle strictement nécessaire pour la fusion du cuivre et de la scorie : une température plus élevée rend plus énergique et plus rapide l'action du fer sur le silicate de cuivre, mais aussi le charbon réduit plus facilement une partie de l'oxyde de fer combiné avec la silice. En opérant de la même manière sur le même minerai à une température ménagée et au rouge-blanc vif, maintenue dès le commencement de l'opération, nous avons obtenu, dans le premier cas, du cuivre assez pur ; dans le second, du cuivre contenant 3 p. o/o de fer.

La consommation de charbon de notre fourneau, pour maintenir la température nécessaire, ne peut donner aucune indication sur la quantité de houille que brûlerait un grand fourneau à réverbère en roulement continu. On peut du reste facilement l'apprécier avec une approximation suffisante par la consommation connue des grands fourneaux à cuivre du pays de Galles.

Les minerais auxquels notre procédé s'applique avec le plus d'avantage sont les minerais oxydés ou pyriteux à gangue de pyrite ou d'oxyde de

fer. Ils donnent, par notre méthode, du cuivre de bonne qualité, et fondent très-facilement. Ces minerais, traités dans des fours à manche, donnent du cuivre noir très-ferreux. Notre méthode s'applique aussi très-facilement à tous les minerais de cuivre ne contenant pas trop d'arsenic ou d'antimoine, aux scories riches, etc.

Le procédé que nous venons de décrire nous paraît présenter plusieurs avantages assez marqués sur les méthodes employées ordinairement. Il est rapide et économique, puisqu'en une seule fusion nous obtenons une scorie assez pauvre pour être rejetée et tout le cuivre assez pur pour être livré au commerce après une fusion ou au plus un court affinage.

Il n'exige aucune manipulation difficile, et les ouvriers peuvent se mettre promptement au fait de la conduite des opérations.

Le grillage complet n'est pas une opération nouvelle en métallurgie; il est facile quand le minerai est broyé en sable assez fin; il exige de l'habitude et de l'attention de la part des ouvriers et doit être terminé par un bon coup de feu, afin de décomposer les sulfates formés à une plus basse température (1). Nous avons indiqué précédemment que l'inconvénient principal d'un grillage incomplet est, dans la fusion, une consommation plus grande de fer, et un moindre appauvrissement de la scorie dans un temps donné.

Un bon fourneau de grillage devrait contenir

---

(1) Le broyage qui doit précéder le grillage et le grillage lui-même au réverbère seraient facilités par un grillage préalable en tas, qui pourra être facile et peu dispendieux dans un certain nombre de localités.

environ 1.500 kilog. de minerai broyé; l'opération durerait probablement de 15 à 18 heures.

Pour la fusion, les fourneaux devraient être analogues aux grands fours à réverbère des usines à cuivre du pays de Galles, et contenir pour une charge 1.200 kilog. de minerai. Il faudrait dans une usine trois fours de fusion pour quatre fours de grillage, en supposant qu'on puisse faire trois opérations par jour dans chaque four de fusion.

L'affinage du cuivre donné par la première fusion pourrait être fait dans un réverbère contenant 4.000 kilog.; une opération n'exigerait pas plus de 12 heures.

Pour compléter la description de notre méthode de traitement des minerais de cuivre, nous allons donner l'estimation des frais spéciaux probables du traitement, et nous les comparerons à ceux des usines à cuivre du pays de Galles; nous nous appuyons pour l'estimation des frais sur les consommations et la durée des opérations dans nos propres expériences et sur les consommations des fourneaux des usines anglaises. Pour la méthode galloise nous adoptons les nombres cités dans le Voyage métallurgique en Angleterre de MM. Dufrénoy, Élie de Beaumont, Coste et Perdonnet.

Nous supposons un minerai de cuivre pyriteux, à gangue de pyrite de fer et quartz de teneur moyenne rendant de 7 à 25 p. o/o de cuivre. Nous rapportons les frais de traitement à 1.000 kil. de minerai.

Dans notre méthode :

1re *opération.* — Broyage du minerai.

Pour 1.000 kilog. . . 1f,50

2e *opération.* — Grillage du minerai broyé dans

des fourneaux particuliers contenant 1.800 kilog. Durée de l'opération, 18 heures.

Nous remarquerons que le grillage pourrait être fait, comme dans plusieurs usines anglaises, avec les flammes perdues des fours de fusion. Dans l'hypothèse des fours de grillage indépendants de ceux de fusion, les frais spéciaux sont, pour 1.000 kil. de minerai :

	f.
Main-d'œuvre : 1 journée. .	2,50
Houille : 400 kilog. à 1 fr. .	4, 0
Frais spéciaux. . .	6,50

3ᵉ *opération*. — Fusion du minerai grillé dans des fourneaux traitant 3.600 kilog. de minerai (poids pris avant le grillage) en 24 heures.

Consommation moyenne de houille, 100 kil. par heure. Durée de l'opération, 8 heures.

Nous supposons le fer à 25 fr. les 100 kilog.

Pour 1.000 kilog. de minerai :

	f.
Main-d'œuvre : 0j,88 à 3 fr. .	2,64
Houille : 666k. à 1 fr. les 100k.	6,66
Fondant, fer, etc.	8, 0
En somme.	17,30

4ᵉ *opération*. — Affinage du cuivre noir très-pur donné par l'opération précédente dans un fourneau contenant 4.000 kilog.

Durée de l'opération, 12 heures. Consommation moyenne de houille, 60 kilog. par heure.

Pour 1.000 kilog. de minerai rendant 8 à 10 p. o/o de cuivre, les frais spéciaux de l'affinage sont seulement de 0f,30.

Les frais spéciaux du traitement de 1.000 kilog. de minerai peuvent être résumés ainsi qu'il suit :

	f.
Broyage.	1,50
Grillage.	6,50
Fusion.	17,30
Affinage.	0,30
En somme.	25,60

Pour un minerai rendant 8 p. o/o de cuivre, les frais spéciaux rapportés à 1.000 kilog. de cuivre obtenu seraient de 320 fr.

Pour un minerai rendant 25 p. o/o, 102f,24.

Méthode galloise. — D'après le Voyage métallurgique, les frais de traitement de 1.000 kilog. de minerai de cuivre seraient :

Houille : 1.600 k. à 1 fr. les 100 k. .	16f
Main-d'œuvre, réparations, divers.	14
En somme. . . .	30

D'après ce nombre, l'avantage en faveur de notre méthode serait de 17 p. o/o pour les frais de traitement de 1.000 kilog. de minerai.

LÉGENDE EXPLICATIVE.

(*Pl. VI, fig.* 3 à 5.)

Les dimensions principales du fourneau sont, pour la sole :

Longueur, 100 centimètres; largeur, 80 centimètres.

Profondeur maxima près du trou de coulée au-dessous du niveau de la porte de travail, 20 centimètres.

a, trou de coulée, opposé à la porte de travail.

b, *b*, cannelures verticales larges et profondes de 5 centimètres, hautes de 22 centimètres environ, destinées à maintenir les barres de fer plongées de champ dans la matière fondue. Ces barres mises en place convergent vers la porte de travail.

Le rampant a 35 centimètres sur 15 centimètres.

La cheminée, haute de 12 mètres, a 32 centimètres sur 30 centimètres.

La chauffe a 45 centimètres sur 60 centimètres.

Les armatures n'ont pas été représentées dans les figures, parce que leur disposition n'offre rien de spécial.

NOTES

Sur le gisement des minerais de zinc et de plomb dans la Haute-Silésie, recueillies dans un voyage fait en 1846,

Par MM. E. RIVOT, ingénieur des mines, et LEJEUNE, ingénieur civil de Belgique.

Nous n'avons pas pour but dans la présente notice de décrire en détail l'exploitation et le traitement métallurgique des minerais de zinc et de plomb dans la Haute-Silésie, mais seulement de faire connaître, aussi brièvement que possible, le mode de gisement de ces minerais, l'importance des mines et les circonstances principales de la fabrication.

L'industrie métallurgique est très-développée dans la Haute-Silésie, dans le voisinage presque immédiat des villes de Beuthen et Tarnowitz.

L'exploitation porte sur des amas nombreux de minerais de fer, de zinc, de plomb, sur des couches puissantes de houille. Les minerais de fer et de zinc sont traités dans de nombreuses usines, établies principalement au Sud de Beuthen, sur le terrain houiller; les minerais de plomb sont traités dans une seule usine royale, établie près de Tarnowitz.

Nous rappellerons en peu de mots l'historique de l'exploitation de la calamine. Minerais de zinc. Historique.

L'exploitation de la calamine dans la Haute-Silésie paraît avoir commencé vers l'année 1560.

Ce minerai ne tarda pas à être exporté par Dantzig ; le monopole de l'exploitation et de la vente resta pendant quelques années entre les mains d'un certain Hanz Hornig, riche marchand de Breslau. La calamine n'était employée, à cette époque, que pour la fabrication du laiton, et sa valeur commerciale atteignait 100 francs par 1.000 kilogrammes. On n'exploitait sans doute que la meilleure calamine ; mais ce prix prouve qu'alors la valeur du minerai était plus élevée que de nos jours (1).

Vers 1631 les édits de l'empereur Ferdinand II et les persécutions religieuses vinrent arrêter cette industrie naissante. L'exploitation des mines ne recommença que vers 1660, après la guerre de trente ans. Depuis cette époque jusqu'à la fin du XVIII[e] siècle la quantité de minerai extraite annuellement s'est accrue presque constamment. En 1792, l'exportation de la calamine s'élevait à 9.000 quintaux métriques.

Vers le commencement du XIX[e] siècle, un ingénieur nommé Richberg, à son retour d'un voyage en Angleterre, entreprit d'introduire en Silésie l'industrie de la fabrication du zinc, en utilisant les fourneaux des verreries. Ses essais donnèrent lieu à la méthode d'extraction du zinc de ses minerais, dite *méthode silésienne*. Dès que cette méthode eut réussi, l'exploitation de la calamine prit un accroissement rapide. Elle était de 8.000 à 9.000 quintaux métriques en 1813, de 32.000

Production.

(1) Le minerai de la Vieille-Montagne se vendait, en 1846, 75 francs les 1.000 kilog., pris à la mine. Ce minerai est peut-être le meilleur qui soit connu maintenant.

quintaux métriques en 1816, et en 1822 elle atteignit 150.000 q. m.; en 1823, 230.000 q. m.

Dans l'année 1822 le zinc était vendu à Breslau 300 francs les 1.000 kilog., et la calamine était taxée par le Bergamt de Tarnowitz à raison de 30 francs la tonne métrique.

En 1823 ces prix s'élevèrent considérablement : pour le zinc jusqu'à 82 francs, pour la calamine jusqu'à 40 francs. Quinze mines seulement étaient alors en activité.

La concurrence acharnée que se firent les nombreux producteurs de zinc, entretenue par les acheteurs anglais, et la production exagérée, firent tomber les prix très-rapidement à la fin de 1823 et en 1824, et ensuite lentement jusqu'en 1830. Depuis 1830 les prix se sont relevés progressivement jusqu'en 1842, se sont maintenus presque stationnaires jusqu'au commencement de 1845, et ont baissé de nouveau à la fin de 1845, en 1846 et en 1847. La production a toujours été en croissant. Le tableau suivant donne les quantités de minerais exploitées, leur rendement en zinc et le prix du zinc de 1830 à 1846.

(Voir ci-après p. 274.)

ANNÉES.	CALAMINE exploitée.	RENDEMENT moyen pour 100.	ZINC produit.	PRIX DU QUINTAL de zinc à Breslaw.
	quint. mét.		quint. mét.	fr. c.
1830	140.830	32	45.000	18 75
1831	154.637	30	46.000	augmente
1832	204.070	28	57.000	
1833	240.620	26	62.500	progressivement
1834	332.590	25	83.000	
1835	501.440	20	100.000	jusqu'à
1836	541.630	17	92.000	41 25
. . .	. . . . .	. . .	. . . .	. . . .
1842	761.000	16 1/2	125.000	32 »
1843	831.100	18	150.000	48 75
1844	956.440	17	162.500	48 50
1845	1.029.410	17	175.000	41 25
1846	1.180.000	17	200.000	37 50

En examinant ce tableau on voit que la richesse des minerais traités est en relation avec le prix du zinc. Ainsi le rendement moyen le plus élevé de 32 p. o/o, en 1830, répond au prix de vente le plus bas du zinc, 18f,75; et le rendement le plus faible 16 1/2 p. o/o en 1836, au prix de vente le plus élevé. On peut facilement se rendre compte de cette relation, en remarquant que les frais de traitement du minerai sont à peu près les mêmes pour des minerais riches et pour des minerais pauvres, et que par suite les usines peuvent traiter avec avantage des minerais d'autant plus pauvres que le prix de vente du zinc est plus élevé.

Aperçu géologique.

Le sol de la Silésie est peu accidenté; il présente des plateaux assez étendus séparés par des

vallées peu profondes; il est en partie cultivé, en partie couvert de forêts de sapins. Sa constitution géologique a été tracée par M. de Carnall en deux cartes assez détaillées. Nous ne pensons pas devoir les reproduire. La plus utile, pour faire connaître la position des mines, est celle dont le titre est : Carte géologique des amas métallifères du muschelkalk des environs de Tarnowitz et de Beuthen.

La ville de Beuthen est située sur un calcaire que les géologues allemands rapportent au muschelkalk, et qui s'étend vers l'Est jusqu'en Pologne. Il est limité au Sud, à l'Est et au Nord par le terrain houiller. Au contact des calcaires et des schistes houillers on voit, en quelques points seulement, près de Chorzow, Rogosznik, Dobieszowizce, Koslowagura, des bandes étroites de grès bigarré. Vers le Nord, le terrain houiller disparaît en partie sous une formation plus récente d'argiles et de sables.

Le terrain houiller est principalement composé d'argiles schisteuses peu inclinées à l'horizon. La puissance et la grande régularité des couches de houille, reconnues avec les mêmes caractères à des distances considérables, lui impriment un cachet tout particulier. Terrain houiller

Nous nous occuperons plus spécialement du calcaire, sur lequel reposent tous les amas métalliques, ce qui lui a fait donner le nom de *sohlenstein*. Muschelkalk.

Le muschelkalk se présente en bancs peu puissants; il est régulièrement stratifié, et ses couches sont presque horizontales. Ce calcaire est bleuâtre et assez dur; il est presque toujours altéré et blanc-jaunâtre au contact des amas métalliques. Sa surface est fort irrégulière; elle présente de nom-

breuses ondulations, des fentes et des cavités plus plus ou moins étendues, dans lesquelles ont été déposés les amas de minerais. Deux masses considérables de dolomie remplissent deux profondes cavités du calcaire. La plus grande, près de Beuthen, s'étend fort loin vers l'Est jusqu'en Pologne; elle est en relation avec les principaux amas calaminaires; l'autre, au Sud de Tarnowitz, renferme les amas de galène. Les amas les plus puissants de minerais de fer se trouvent aussi dans le voisinage de ces deux masses dolomitiques.

Dolomie.

La dolomie n'a pas encore été rencontrée avec une stratification régulière; presque partout elle est nettement séparée du calcaire. Elle est le plus ordinairement brune ou d'un gris-bleuâtre saccharoïde et à cassure assez unie. Au contact des amas métalliques, elle est presque toujours altérée, désagrégée et jaunâtre (1).

Le calcaire et la dolomie ne viennent au jour qu'en un petit nombre de points; ils sont recouverts presque partout par des graviers, des sables et argiles désignés sous le nom allemand de *ausgeschwemmte gebirge*, et renfermant des blocs erratiques qui proviennent des montagnes granitiques de la Scandinavie.

On donne le nom de *kurzawka* à certaines couches de sables très-coulants et aquifères, que les mineurs ont beaucoup de peine à traverser.

---

(1) On rencontre fort souvent dans la dolomie des fentes très-larges, des druses tapissées de cristaux, des vastes cavités ou grottes, en partie remplies par des sables et des argiles ocreuses, analogues, jusqu'à un certain point, aux grottes de calcaire métallifère des bords de la Meuse.

Les amas de minerais de fer, de calamine et de galène sont placés dans les cavités que présente la surface du calcaire, principalement dans le voisinage de la dolomie, ou même sous la dolomie. Nous considérons successivement les amas zincifères, plombeux et ferrugineux. Amas de minerais.

La calamine se présente sous deux aspects bien différents et sous deux modes de gisements bien caractérisés, désignés sous les noms d'amas blancs, d'amas rouges. Amas de calamine.

Les amas blancs sont le plus ordinairement composés de couches nombreuses et assez peu épaisses d'argile et de calamine. L'argile est presque toujours blanche, jaunâtre ou légèrement grisâtre, et paraît marneuse. La calamine, presque de même couleur et de même apparence, forme souvent des couches très-minces alternant avec l'argile; d'autres fois elle se présente en fragments isolés, irréguliers, en grains ou en sable; quelquefois elle est criblée de petites cavités remplies d'argile. Amas blancs.

La puissance des amas blancs varie de quelques centimètres à 1 ou 2 mètres; rarement elle atteint 4 mètres. Cette puissance est toujours plus grande dans le fond des cavités du calcaire remplies par le minerai; mais là où la puissance est la plus grande, la proportion d'argile est la plus considérable. Dans les nombreuses exploitations, les amas blancs ont toujours présenté le caractère évident de dépôts successifs sous des eaux assez tranquilles, remplissant les cavités peu profondes de la surface du calcaire, et formant des lacs peu étendus, dans lesquels les eaux déposaient périodiquement le minerai et l'argile.

La calamine blanche est généralement assez pure et mélangée seulement d'argile; elle rend

au traitement métallurgique de 20 à 30 p. o/o de zinc.

Les amas blancs ne paraissent nullement en relation avec les masses dolomitiques, bien que plusieurs d'entre eux se trouvent dans leur voisinage presque immédiat. Ils sont généralement recouverts par les argiles et sables, qui forment leur dachgestein.

Amas rouges.

En quelques endroits on a rencontré au-dessus des amas blancs des argiles ferrugineuses, des amas de minerais de fer, ou d'une calamine rouge très-ferrugineuse. Ces derniers, nommés amas rouges, n'ont été trouvés jusqu'à présent qu'à la limite de la dolomie, et toujours recouverts en partie par cette roche.

La calamine rouge se présente en blocs ou fragments irréguliers de toutes dimensions, plus ou moins compactes, séparés plutôt que réunis par de l'argile rouge très-ferrugineuse ; plus rarement en sable mélangé de dolomie altérée et sablonneuse. Elle contient, principalement à la partie supérieure des amas, de la galène argentifère et du plomb carbonaté noir et ferreux.

Les amas rouges ne présentent jamais de stratification distincte, et paraissent avoir été formés par un phénomène beaucoup plus instantané que celui qui a produit les amas blancs. Leur puissance est ordinairement bien plus grande que celle de ces derniers : elle atteint jusqu'à 9 et 10 mètres; elle est rarement inférieure à 2 mètres.

Les amas rouges reposent sur le même calcaire que les amas blancs, et en partie sur ces amas. Leur pierre de toit (dachgestein) est la dolomie, qui cependant ne les recouvre jamais entièrement, et dans laquelle ils pénètrent souvent.

Ainsi quelques mines très-favorisées possèdent deux amas rouges très-puissants intercalés et pénétrant parallèlement dans la dolomie.

Les mineurs allemands prétendent que rarement deux amas, blanc et rouge, superposés sont riches tous les deux en même temps. Nous croyons avoir remarqué, dans les nombreuses exploitations que nous avons visitées, que cette opinion résulte de ce que les amas rouges ne sont superposés aux amas blancs qu'aux limites de ces derniers.

Les amas de minerais de fer, recouvrant les amas de calamine blanche, aux limites de la dolomie, sont généralement très-zincifères et paraissent remplacer les amas de calamine rouge.

Les travaux d'exploitation de la calamine ont commencé sur ceux des amas blancs situés au-dessus du niveau des eaux, près de Gurnicki, à l'Ouest de Beuthen, près de Trockenberg, Radzionkau, Dombrowa. Les travaux paraissent s'être arrêtés au niveau des eaux, et, pour toutes les parties exploitées, la meilleure calamine seule a été enlevée. Aussi ces mêmes amas ont-ils été réexploités à différentes reprises, et maintenant encore dans un grand nombre de concessions, telles que Leopold, Alexanderblick, Rochus, Eva, etc., on exploite de la calamine dans les remblais des anciens. Anciens travaux.

On peut même avancer que partout où la surface du sohlenstein se trouve au-dessus du niveau des eaux, les mineurs ne peuvent espérer que ces amas blancs déjà fouillés, qu'on désigne en Silésie sous le nom de *wasch-lager*. Tout le minerai qui en provient doit être lavé. L'avenir de ces concessions est donc fort borné.

Dans les amas de calamine rouge on remarque

aussi des travaux très-anciens, faits à la partie supérieure de ces amas pour l'exploitation de la galène argentifère, par la méthode des puits circulaires très-rapprochés, et seulement jusqu'au niveau des eaux. Ce niveau se distingue parfaitement, dans la grande exploitation à ciel ouvert de Scharley, par la ligne inférieure des vieux boisages, interrompue de distance en distance par des puits carrés, plus solidement boisés, et par lesquels les anciens mineurs paraissent s'être efforcés de descendre sous les eaux. Les vieux puits circulaires étaient boisés avec des branches d'environ 3 centimètres de diamètre : l'écorce de ces branches est encore bien conservée. La calamine rouge elle-même ne paraît pas avoir été exploitée par les anciens.

Depuis le commencement du XIXe siècle, et principalement depuis une trentaine d'années, on a fait un très-grand nombre de recherches d'amas de calamine, soit par des puits carrés sans moyen d'épuisement des eaux, soit par des sondages avec des appareils imparfaits. La plupart de ces recherches n'ont pu donner aucune indication positive, parce que les puits ont été arrêtés au niveau des eaux, et que les sondages n'ont pu traverser les sables coulants. Aussi, quand on examine sur les plans détaillés des concessions les recherches notées comme infructueuses (leer), il faut chercher à reconnaître dans quelles circonstances elles ont été faites et abandonnées. Ce n'est que depuis un petit nombre d'années que les recherches sont faites par sondages avec des appareils convenables. Ces sondages coûtent environ 35 à 45 francs par mètre, et ne sont par conséquent pas très-dispendieux, les amas blancs étant placés en général à une

faible profondeur. Par les sondages on a pu reconnaître déjà plusieurs amas blancs, vierges, qui ont été mis en exploitation au moyen de machines à vapeur pour l'épuisement des eaux. Dans quelques concessions, notamment dans celle nommée Hugo, on a rencontré par des sondages des fentes presque verticales et assez larges, dans le calcaire. Elles sont remplies d'argile et de calamine; cependant le minerai y paraît bien moins abondant que dans les amas eux-mêmes. Plusieurs ingénieurs prussiens considèrent ces fentes comme les filons par lesquels sont arrivées à la surface les eaux minérales chargées de calamine et d'argile, qui ont déposé ces matières à la surface du calcaire.

Le nombre des concessions de calamine accordées jusqu'à présent s'élève à 77. Quant aux permissions de recherches, elles sont extrêmement nombreuses. Nombre des concessions.

La valeur négociable et produisant bénéfices d'une mine est partagée en 122 kuxen, pour chacune desquelles il peut y avoir plusieurs propriétaires.

Le gouvernement perçoit sur l'extraction des minerais de zinc un dixième en nature. Pour les minerais soumis au lavage il paie un dixième des frais de la préparation mécanique. Le bergamt de Tarnowitz fixe la teneur des minerais de différentes qualités provenant de toutes les mines, et détermine leur valeur d'après le prix moyen du zinc métallique. Les minerais provenant de la redevance sont traités dans l'usine royale à Kœnigs-Hütte. Redevance.

La calamine extraite est divisée en deux qualités :

1° Le stück-galmei, ou calamine en morceaux, qui est vendue directement aux usines; elle est traitée sans subir aucune préparation mécanique; 2° le minerai à laver.

La plupart des mines ont un atelier de préparation mécanique, dont la disposition dépend de l'importance de la mine et de la richesse des propriétaires. On peut voir dans les environs de Beuthen des préparations mécaniques de toute nature, depuis celle de Scharley, établie par M. de Carnall, jusqu'aux plus simples hangars, ne contenant que des caisses de débourbage et quelques tamis à bras. Le lavage donne :

1° Le wasch-galmei, ou calamine lavée; 2° le graben-galmei, ou les sables calaminaires; 3° les schlämme, ou boues de lavage.

Cette dernière qualité, très-pauvre en zinc, n'est vendue et traitée dans les usines qu'autant que le prix du zinc est assez élevé.

Les teneurs de ces quatre qualités varient d'une mine à l'autre, des amas blancs aux amas rouges, mais elles sont assez constantes pour un même amas, ce qui facilite beaucoup les opérations commerciales. Nous avons réuni dans le tableau suivant les teneurs moyennes de ces quatre qualités de minerais en 1846.

Stück-galmei. . .	22 à 30 p. 0/0
Wasch-galmei. . .	16 à 20
Grabengalmei. . .	10 à 12
Schlämme.	5 à 8

Les prix moyens de vente de la calamine ont été

dans les années.	1841	1842	1843	1844
pour 100 kil. de minerai bon à traiter.	5f,50	4f,37	2f,81	3f,65

Les frais d'extraction et de lavage pendant ces mêmes années ont été évalués à

2f,47 2f,35 2f,20 1f,75

Nous décrirons maintenant les mines les plus importantes actuellement exploitées. Dans toutes, l'épuisement des eaux est fait au moyen de machines à vapeur faisant mouvoir des pompes. La force des machines n'est pas en général très-grande; il faudra probablement l'augmenter beaucoup dans quelques années, pour pouvoir exploiter à une plus grande profondeur, à moins que le gouvernement ne fasse mettre à exécution le projet de M. de Carnall. Ce projet déposé, depuis deux ans déjà, à l'administration supérieure de Berlin, donne le moyen d'assécher la plupart des mines de calamine par une galerie d'écoulement traversant une grande partie du terrain métallifère. Par cette galerie les travaux inférieurs de Scharley, commencés depuis peu de temps, et qui sont les plus bas de tout le pays, ne seraient plus qu'à un petit nombre de mètres sous les eaux. Les machines à vapeur actuelles pourraient alors suffire pour pousser les travaux à une profondeur notablement plus grande.

Mine de Scharley. — La mine la plus richement partagée de toute la Silésie, pour la masse minérale, est Scharley; elle est située à une lieue environ au Nord de Beuthen, à une très-petite distance de la frontière de Pologne, et sur la limite Nord de la grande masse dolomitique de Beuthen. L'amas de Scharley se prolonge jusque dans les concessions voisines, Wilhelmine, Hélène, Cœcilie; mais il présente de plus grandes difficultés d'exploitation et une moindre richesse. Les tra- Scharley.

vaux modernes ont commencé en 1822 et ont continué depuis lors sans interruption. Ils sont déjà parvenus à une profondeur assez grande au-dessous du niveau qu'avaient pu atteindre les anciens.

On exploite, en partie à ciel ouvert, en partie par puits et galeries, un amas blanc très-médiocre et un amas rouge puissant de 8 à 10 mètres. Vers l'Ouest cet amas se divise en deux autres, presque aussi riches et aussi puissants, séparés par plusieurs mètres de dolomie. Ce double amas se retrouve à Wilhelmine. La dolomie repose sur l'amas rouge, qui la sépare du calcaire, mais ne le recouvre qu'en partie. La *fig.* 6, *Pl. VI*, représente une coupe faite du Nord au Sud, à peu près normalement à la limite de la dolomie. La surface du calcaire présente une cavité allongée de l'Est à l'Ouest, plongeant doucement vers l'Ouest et rapidement vers le Sud sous la dolomie. Le calcaire se relève principalement vers l'Est, à la limite de la concession Cœcilie. Les minerais sont déposés dans cette cavité et sont recouverts, ainsi que le calcaire et même la dolomie, par les sables et argiles modernes.

Amas blanc. L'amas blanc repose immédiatement sur le calcaire; sa puissance varie de $0^m,30$ à $1^m,20$; elle est plus grande vers l'Est, diminue progressivement vers l'Ouest, et le minerai finit par disparaître presque entièrement. Vers le Sud, sous la dolomie, l'amas blanc devient de plus en plus pauvre. La petite quantité de calamine blanche, qu'on extrait maintenant, est de qualité assez bonne. Elle rend de 23 à 27 p. o/o de zinc.

Amas rouge. L'amas rouge repose sur l'amas blanc, dont il n'est séparé que par des lits très-minces d'argiles

ferrugineuses. Dans la partie orientale de la concession exploitée à ciel ouvert, la calamine se présente presque compacte en fragments considérables, ou en bancs assez puissants. Elle est mélangée avec une forte proportion d'argile et d'oxyde de fer. A la partie supérieure de l'amas, les minerais de plomb argentifère, galène et plomb carbonaté, sont fort abondants; ils ont donné lieu à d'anciens travaux fort importants. Vers l'Ouest et vers le Sud la calamine rouge pénètre dans la dolomie en deux amas puissants, chacun d'environ 8 à 9 mètres, et séparés par environ 10 mètres de dolomie. L'amas supérieur contient encore de la galène et du plomb carbonaté; l'amas inférieur est plus pur; la calamine blanche ne se trouve représentée que par de minces veinules d'argile blanche un peu zincifère.

L'exploitation à ciel ouvert, commencée en 1822, est déjà parvenue à la profondeur de 31 à 33 mètres : à la surface du sol ses dimensions sont : de l'Est à l'Ouest, plus de 500 mètres; du Nord au Sud, environ 250 mètres. Ses dimensions au fond sont bien moindres : la longueur de l'Est à l'Ouest n'atteint pas 300 mètres; sa largeur du Nord au Sud, 60 à 70 mètres. La surface du calcaire est très-peu inclinée vers l'Ouest et vers le Sud, pour toute la partie que ne recouvre pas la dolomie, c'est-à-dire du Nord au Sud, pendant une quarantaine de mètres; plus loin, au Sud, l'amas rouge et l'amas blanc, considérablement réduit, plongent sous la dolomie sous un angle d'environ 12° : la puissance de l'amas rouge ne paraît pas diminuer.

Une petite partie des deux amas, vers l'Est, se trouve au-dessus du niveau des eaux; on la ré-

serve pour les jours où des accidents survenus aux pompes ou à la machine d'épuisement empêchent les travaux au fond. Ces derniers sont les plus bas de la Silésie, et placés au-dessous du niveau des eaux. Le terrain lui-même ne paraît pas donner beaucoup d'eau, mais la dolomie amène dans les travaux les eaux de pluie des forêts voisines, distantes de quelques lieues. On peut même reconnaître par la quantité d'eau que les pompes ont à extraire l'abondance plus ou moins grande des pluies tombées dans les environs quelques jours auparavant.

On a commencé l'exploitation des amas par la partie septentrionale, et on a avancé vers le Sud par gradins dirigés de l'Ouest à l'Est, en portant les déblais en arrière. La paroi septentrionale de l'excavation est en partie formée par ces déblais, en partie par le calcaire, disposés en banquettes inclinées pour le roulage à la brouette. La paroi méridionale, qui doit être reculée vers le Sud à mesure que l'exploitation avance au fond, est aussi verticale que le comporte la solidité du terrain.

Vers la concession Cœcilia, à l'Est, on exploite de temps en temps le minerai par gradins horizontaux dirigés du Nord au Sud. La paroi occidentale de l'excavation est formée par des remblais en talus, provenant de la partie primitivement exploitée.

La condition de l'exploitation à ciel ouvert, d'enlever toute la masse des terrains supérieurs sur une profondeur égale à celle des gradins mis à découvert dans le minerai, devient de plus en plus onéreuse à mesure que les travaux avancent vers le Sud; elle double presque le prix d'exploi-

tation. On commence à penser à exploiter par puits et galeries la partie des amas plongeant sous la dolomie. Il faut remarquer que dans cette partie exploitée à ciel ouvert l'amas rouge est simple; c'est plus à l'Ouest et à un niveau plus bas que commence le double amas.

La calamine, abattue en grande partie à la poudre, est soumise immédiatement à un triage. Le stückgallmei et le minerai de plomb pur sont chargés dans des brouettes et roulés par des femmes jusqu'à la surface, sur les rampes de la paroi septentrionale de l'excavation. Ces minerais sont déposés, en tas réguliers et pesés, près de la route de Beuthen à Teutschpickar, qui traverse la concession.

Le minerai impur et argileux est d'abord soumis à un débourbage préparatoire dans les cavités du calcaire, toujours assez pleines d'eau, ensuite jeté par un petit puits à un niveau inférieur, et conduit par une galerie longue d'une centaine de mètres au puits spécial affecté à l'extraction. Les eaux, rendues très-sales par ce débourbage, sont conduites à ce même niveau au bas du puits d'épuisement, très-voisin de celui d'extraction. La profondeur de ces deux puits est de 37^{m},50 environ.

Le puits d'extraction est divisé en deux compartiments, dans lesquels se meuvent deux cages, élevant ou descendant les chariots. Les cages sont portées par deux câbles en fils de fer, qui s'appuient sur deux molettes et viennent s'enrouler autour de deux tambours coniques, auxquels le mouvement de rotation est transmis par une petite machine à vapeur à traction directe, de la force de 6 chevaux. Extraction.

Les chariots, retirés des cages, sont placés sur une plate-forme mobile sur deux rails en fer, et amenés au chemin de fer de la grande laverie.

Les chariots contiennent environ 300 kil. de minerai; la machine en élève 200 à la surface en 10 heures.

L'atelier de préparation mécanique est situé à plus de 1.200 mètres de distance du puits d'extraction. Le roulage à cette distance est rendu fort économique par la bonne construction du chemin de fer.

La distance de 1.200 mètres est divisée en trois parties, à chacune desquelles sont affectés des rouleurs spéciaux. Ces ouvriers, qui sont de jeunes garçons d'une quinzaine d'années, parcourent ainsi en poussant alternativement des chariots pleins et des chariots vides la distance d'environ 400 mètres. Les rouleurs sont réunis *deux* pour pousser *deux* chariots ou 600 kil. environ de minerai. Ils gagnent de 0f,75 à 0f,80 par journée de travail, comprenant 8 heures d'activité.

Le roulage du quintal métrique de minerai du puits d'extraction à l'atelier de la préparation mécanique est évalué à 0f,01.

Épuisement. Une machine à vapeur de la force de 26 chevaux est affectée à l'épuisement des eaux. Elle fonctionne régulièrement sans présenter rien de particulier. L'eau est élevée du fond par une pompe aspirante, de 0m,45 de diamètre, jusque dans la bâche d'une seconde pompe à plongeur, dont le diamètre est seulement de 0m,405. Les deux pistons sont mis en mouvement par la même maîtresse tige; sa course est d'environ 2 mètres.

La quantité d'eau extraite ordinairement est de 3 mètres cubes par minute; en forçant la machine

on a pu aller jusqu'à 5 mètres cubes dans la saison des pluies.

Partie occidentale de la concession — Wilhelmine.

Dans la partie occidentale de la concession et à Wilhelmine le double amas rouge est exploité par puits et galeries, par la méthode bien connue des galeries contiguës. A Wilhelmine l'amas supérieur est placé à 31 mètres au-dessous de la surface, vers le milieu de la concession. Il est déjà presque épuisé, tandis que l'abondance des eaux a empêché jusqu'à présent l'exploitation de l'amas inférieur. A Scharley les deux amas sont plus riches et plus puissants, et de plus placés à une profondeur moins grande. Leur exploitation n'est commencée que depuis un petit nombre d'années.

L'épuisement des eaux est fait à Wilhelmine par une machine de 45 chevaux et à Scharley par deux machines, l'une de 26, l'autre de 39 chevaux.

L'exploitation de l'amas inférieur exigera très-probablement une autre machine de 50 à 60 chevaux; on a déjà commencé le puits d'épuisement de cette nouvelle machine.

Préparation mécanique.

Nous n'avons pas à parler ici de la préparation mécanique, établie par M. de Carnall, et décrite en détail, dans les Annales des mines (4e série, t. IV, p. 377, et t. VI, p. 213), par M. Delesse. On n'a rien changé aux appareils ni au travail.

Pour achever ce qui est relatif à Scharley, il nous reste à donner quelques nombres sur l'extraction et le prix de revient des minerais. Nous ferons remarquer d'abord que dans presque toutes les mines de la Silésie les frais d'extraction sont rapportés au stückgalmei seul, et les frais de lavage au waschgalmei. Les graben et les schlämme

sont supposés ne rien coûter et leur vente procurer un bénéfice net.

Prix de revient. Dans l'exploitation par puits et galeries les frais de toute nature s'élèvent à 20 fr. les 1.000 kil. de stückgalmei; dans ce prix la main-d'œuvre entre pour les 7/16. Pour l'exploitation à ciel ouvert, les frais, rapportés toujours à 1.000 kil. de stückgalmei, s'élèvent à 25 fr. dont moitié environ pour travaux préparatoires et enlèvement des terrains stériles superposés au minerai.

La plus grande partie de la calamine a été produite jusqu'à présent par l'exploitation à ciel ouvert : on a ordinairement pour 1 de stückgalmei :

1 1/2 de waschgalmei,
1/2 de graben et schlämme.

Ces deux dernières quantités résultant de 3 de minerai à laver.

Les teneurs de ces minerais sont ordinairement :

Stückgalmei. .	22 à 26	p. 0/0 de zinc.
Waschgalmei. .	16 à 19	
Grabengalmei..	12 à 14	
Schlämme. . .	5 à 9	

La calamine blanche, obtenue en très-faible proportion, est ordinairement plus riche que la calamine rouge.

Les frais de préparation mécanique des minerais, rapportés à 1.000 kil. de waschgalmei, varient de 3 à 4 fr.

Les prix de vente en 1846 ont été :

Pour 1.000 kil.	de stückgalmei. .	50 fr.
Id.	de waschgalmei.	37f,50
Id.	de grabengalmei.	25 fr.

Les schlämme ne se sont vendus que très-difficilement.

D'après cela, les bénéfices donnés par la vente des minerais, ont été, en 1846 :

Par 1.000 kil.	de stückgalmei. .	25 fr.
Id.	de waschgalmei. .	33 à 34 fr.
Id.	de grabengalmei. .	25 fr.

La production en 1846 a été très-peu plus forte qu'en 1845. Dans cette dernière année elle était de : Production.

	tonnes métriques.
Stückgalmei. . .	9.776,45
Waschgalmei. . .	4.438,00
Grabengalmei. .	3.705,60
Schlämme. . . .	8.476,50
Total. . .	26.396,55

En outre, on a obtenu une assez grande quantité de galène, pauvre en plomb, mais assez riche en argent. Ce minerai a rendu 25 à 26 p. 0/0 de plomb d'œuvre tenant 5 millièmes d'argent; il a été vendu à l'usine royale dite Friedrichs-Hütte, mais la vente n'a procuré que peu de bénéfice.

La production du minerai de plomb en 1845 a été :

	tonnes métriques.
Stückbleierz. . .	998,50
Schlich.	40,00

Les bénéfices faits par les propriétaires de la concession Scharley, en 1845 et en 1846, se sont élevés à 500.000 fr. environ par année; aussi les parts et les fractions de parts de cette mine sont-elles très-recherchées et vendues à un très-haut prix. Bénéfices.

Les mines les plus importantes après Scharley sont : Marie, Thérèse, Apfel ; elles sont groupées, avec quelques autres moins bien partagées, à la limite méridionale de la grande masse dolomitique de Beuthen, et dans la vallée qui s'étend à l'Ouest de cette ville. Les amas exploités plongent au Nord sous la dolomie, ce qui tendrait à faire admettre une continuation sous la dolomie de l'amas de Scharley avec ceux de Marie et Thérèse. Cependant on connaît vers le milieu de la masse dolomitique des îlots du calcaire inférieur, et la calamine ne se montre pas à la séparation du sohlenstein et de la dolomie. La continuation des amas sous la dolomie est par conséquent, au moins dans l'état actuel des exploitations, plus que problématique.

Thérèse, Ludwig, Apfel, Rococo.

Les concessions Rococo, Thérèse, Ludwig, Apfel exploitent deux amas de calamine ; l'un blanc assez remarquable, mais déjà presque entièrement enlevé ; l'autre rouge, dont la meilleure partie se trouve dans la concession Thérèse. La profondeur moyenne des travaux d'exploitation de cette dernière mine est de 44 mètres.

L'amas blanc ne se trouve que vers l'Est et principalement dans la concession Rococo : il repose immédiatement sur le calcaire, dont la surface presque horizontale vers le Sud, plonge vers le Nord, sous la dolomie, sous un angle de 10 à 15 degrés. La puissance de l'amas blanc varie de 0m,20 à 2 mètres ; elle diminue rapidement au Nord, sous la dolomie.

Cet amas blanc, fort étendu, présente la calamine en couches très-minces alternant avec plusieurs veines argileuses de même couleur. Le stückgalmei qui en provient rend de 25 à 29 p. 0/0

de zinc et se vendait en 1846 de 55 à 60 fr. la tonne métrique.

Vers l'Est l'amas blanc est recouvert immédiatement par les argiles; vers l'Ouest, par l'amas rouge. Ce dernier est recouvert en partie par les argiles et sables modernes, en partie vers le Nord par la dolomie, sous laquelle il diminue de puissance, en même temps que son inclinaison vers le Nord augmente. La puissance de l'amas rouge varie de 2 à 8 mètres. Sa longueur de l'Est à l'Ouest, constatée par les travaux d'exploitation, dépasse 1.000 mètres. Sa largeur du Sud au Nord est très-variable : elle est presque nulle vers le milieu de l'amas : de part et d'autre de cet étranglement l'amas est connu sur plus de 100 mètres, du Sud au Nord, sans qu'on soit encore arrivé à son extrémité sous la dolomie. L'amas blanc a été exploité sur plus de 300 mètres de longueur de l'Est à l'Ouest et 100 mètres de largeur du Sud au Nord. La disposition des deux amas est indiquée dans les croquis *fig.* 7 et 8, *Pl. VI*.

La calamine rouge se présente en deux fragments très-gros et irréguliers séparés par de l'argile ferrugineuse; elle est assez pure à la partie inférieure de l'amas; au contraire, à la partie supérieure les minerais de plomb, galène et plomb carbonaté noir et terreux, se présentent presque partout. A la partie occidentale de la concession Thérèse, l'amas rouge est recouvert par une couche assez épaisse de minerai de fer hydroxydé, argileux et zincifère, qui ne se prolonge pas sous la dolomie.

La profondeur moyenne des travaux actuels dans les concessions ci-dessus est de 43 à 44 mètres.

Thérèse. A Thérèse l'exploitation de l'amas rouge se fait par trois étages successifs d'environ 2 mètres de hauteur et en descendant. L'étage supérieur, presque entièrement exploité maintenant, n'a pas rencontré la calamine bien compacte, mais seulement des parties riches peu étendues, assez isolées les unes des autres. C'est ce dont on demeure convaincu en observant que l'extraction des minerais est faite par un grand nombre de petits puits, éloignés les uns des autres, et au moyen de simples treuils à double manivelle. Il n'y a pas un centre d'extraction, parce qu'on n'a pas rencontré une masse continue de minerai.

Les étages inférieurs, qui seront bientôt mis en exploitation, paraissent plus riches.

L'exploitation de l'étage supérieur a exigé beaucoup de bois, environ 2.500 arbres par an. Chaque arbre a $8^{m},30$ de longueur et les diamètres aux extrémités sont de $0^{m},23$—$0^{m},13$. Une pareille pièce de bois (sapin) coûte $4^{f},37$.

Les eaux sont assez abondantes à cette profondeur de 43 à 44 mètres. L'épuisement est fait par deux machines à vapeur de la force l'une de 6 chevaux, l'autre de 50 chevaux. Elles élèvent plus de 2 mètres cubes d'eau par minute.

Une grande partie du minerai extrait doit être soumise à la préparation mécanique. L'atelier de laverie ne comprend que deux caisses de débourbage et deux cribles à pompe foulante. L'eau qui sert au lavage provient du condenseur de la grande machine d'épuisement : elle est chaude, ce qui rend le débourbage plus facile.

On n'exploite pas plus de 50 tonnes métriques de calamine blanche par an ; aussi ne donnerons-

nous que les productions, teneurs, prix de revient et prix de vente relatifs à la calamine rouge.

La production de la concession Thérèse a été, en 1845 :

Stückgalmei.. . . .	9.000 tonnes métriques.
Waschgalmei. . . .	3.000
Graben et schlämme.	3.000
Production totale.	15.000

Les frais d'exploitation, rapportés à 1.000 kil. de stückgalmei, ont été en 1845 de 27f,50. Les frais de lavage, rapportés seulement au waschgalmei, se sont élevés à 7f,50 par 1.000 kil. de cette sorte de minerai. Les proportions de stück-, wasch-, grabengalmei et schlämme ont été à peu près les mêmes qu'à Scharley. Le tableau suivant résume les teneurs en zinc et prix de vente des différentes qualités de minerai, en 1845.

	Teneur p. 0/0.	Prix de vente pour 1.000 kil.
Stückgalmei. .	18 à 24	50 fr.
Waschgalmei. .	15 à 18	38
Grabengalmei..	13 à 14	5
Schlämme. . . .	7 à 8	(ne se sont pas vendus.)

Les bénéfices des propriétaires de Thérèse ont été de près de 300.000 fr. en 1845 et presque aussi élevés en 1846.

La production de cette concession en minerai de plomb n'a pas été jusqu'ici très-importante : elle sera probablement presque nulle quand on n'exploitera plus que les deux étages inférieurs de l'amas, le minerai de plomb ne se trouvant guère qu'à la partie supérieure.

La concession Apfel, au Nord de la précédente, exploite le même amas rouge à une profondeur un peu plus considérable et avec de plus grandes Apfel.

difficultés pour l'épuisement des eaux. Bien que les travaux ne soient pas très-étendus, il faut déjà une machine à vapeur de 25 chevaux pour épuiser les eaux.

Nous donnerons seulement la production de la mine Apfel en 1845. Les différents minerais se vendent aux mêmes prix que ceux de Thérèse.

Production en 1845.

Stückgalmei.	2.400	tonnes métriques.
Waschgalmei.	2.400	
Graben et schlämme.	2.500	
Production totale. . . .	7.300	

Cette production a donné un bénéfice d'environ 130.000 fr.

Maria. La concession Maria, placée à 1.000 mètres environ à l'Ouest de Thérèse et dans une position géologique tout à fait analogue, possède un amas blanc et un amas rouge. Les concessions voisines Elisabeth et Emiliens-Freude exploitent les mêmes amas.

L'amas blanc, puissant de $0^m,30$ à 2 mètres se trouve dans la partie orientale et méridionale de la concession; il ne s'étend pas au Nord jusqu'à la dolomie. Il peut être considéré comme presque horizontal; ses plus grandes dimensions sont, en longueur, plus de 400 mètres; en largeur, près de 100 mètres.

L'amas rouge, dont la puissance varie de 6 à 8 mètres dans la partie reconnue jusqu'à présent, ne recouvre qu'en partie l'amas blanc et repose directement sur le calcaire vers l'Ouest et au Nord. Il plonge vers le Nord sous un angle très-faible jusqu'à la limite de la dolomie; il s'enfonce ensuite

sous cette roche avec une inclinaison de 12 à 15 degrés. Vers l'Ouest, près de la limite de la concession, les travaux d'exploitation ont reconnu une faille du calcaire, presque verticale, dirigée du Nord au Sud et abaissant l'amas de 18 à 20 mètres.

L'amas rouge est connu en longueur, de l'Est à l'Ouest, sur plus de 800 mètres, et en largeur sur plus de 100 mètres. La dolomie ne le recouvre qu'en partie vers le Nord. La disposition des deux amas et de la dolomie est indiquée approximativement dans le croquis *Pl. VI, fig.* 9.

La profondeur des travaux actuels est de 40 mètres en moyenne.

L'amas blanc est presque entièrement épuisé, il ne fournit plus que peu de calamine. Le minerai qu'il a produit était de bonne qualité.

L'amas de calamine rouge est, comme celui de Thérèse, fort irrégulier; au Nord il paraît pénétrer dans des cavités de la dolomie et cette roche est fortement altérée au contact du minerai. A la partie supérieure, la calamine rouge renferme beaucoup de galène et de plomb carbonaté, de l'oxyde de fer et de l'argile. Vers l'Ouest, elle est surmontée par un petit amas d'oxyde de fer argileux et zincifère.

L'amas rouge est exploité à Maria en trois étages successifs de 2 mètres environ de hauteur, et en descendant pour le second et pour le troisième sous les remblais et éboulements de l'étage supérieur.

Le premier étage est déjà presque entièrement exploité et le second commencé. La calamine ne s'est montrée bien compacte que par places assez éloignées les unes des autres. C'est vers le centre

de la concession que le minerai a été le plus riche et le plus pur. C'est aussi en ce point que la puissance de l'amas paraît être la plus grande. En parcourant à l'étage supérieur, les longues galeries bien boisées, qui mettent en communication avec les puits d'épuisement les différents centres d'exploitation, on est porté à les considérer comme des galeries de recherche poussées primitivement dans l'amas argileux et presque stérile, pour trouver les parties riches en calamine.

Le mode d'exploitation par galeries contiguës a déjà été décrit dans plusieurs mémoires, ce qui nous dispense de l'exposer en détail.

L'extraction est faite par de nombreux puits, au moyen de simples treuils.

Épuisement. Les eaux sont assez abondantes au niveau actuel, 40 mètres environ au-dessous du sol (1). Elles sont épuisées par deux puits différents, à l'aide de deux machines à vapeur fortes de 12 et 38 chevaux. Elle ne suffiraient pas pour l'exploitation des deux étages plus profonds; aussi a-t-on commencé une grande galerie d'écoulement au niveau de l'étage inférieur. Elle aura plus de 1.000 mètres de longueur. La machine à vapeur qui servira pour épuiser les eaux à son niveau est déjà placée sur un beau puits, près de l'amas. On pourra de cette manière pousser la galerie par ses deux extrémités; mais les eaux sont trop abondantes pour qu'on puisse penser à hâter son achèvement en travaillant par des puits intermédiaires. Ce travail

(1) La grande galerie d'écoulement pour toutes les mines de calamine de la Silésie, proposée par M. de Carnall, passerait à peu près au niveau des travaux actuels.

commencé semble indiquer qu'on ne compte pas beaucoup sur l'adoption du projet d'épuisement général de M. de Carnall.

Les minerais de la mine Maria sont lavés dans trois petits ateliers, qui ne comprennent que des caisses de débourbage et des tamis à bras ou bien des tamis à pompes foulantes.

La production de Maria en 1845 a été : Production.

	tonnes.	Teneur moyenne.
Stückgalmei.	6.500	22 à 25 p. 0/0.
Waschgalmei.	4.440	17 à 20
Grabengalmei.	1.500	10 à 12
Schlämme.	1.500	7 à 10
Production totale.	13.900	

La mine a produit en outre une quantité assez importante de minerais de plomb, vendus presque sans aucun bénéfice à l'usine royale de Friedrichs-Hütte.

Les prix de revient et de vente des différentes qualités de minerais, en 1845, sont donnés par le tableau suivant. Ces prix sont rapportés à 1.000 kil. de minerais.

	Prix de revient.	Prix de vente.
Stückgalmei.. .	22f,50	55f,00
Waschgalmei. .	10f,00	46f,50
Grabengalmei. .	»	10f,00
Schlämme (se sont peu vendus) environ. .		5f,00

Les bénéfices réalisés par les propriétaires ont dépassé la somme de 300.000 fr.

En 1846 la production n'a pas été notablement supérieure à celle de 1845 et les bénéfices ont été presque les mêmes.

Nous parlerons encore de quelques unes des concessions de calamine, mais dans le seul but de

donner quelques exemples du gisement des minerais de zinc dans la Haute-Silésie.

Rudolph.

La concession Rudolph est placée à l'Ouest de Scharley et dans les mêmes conditions géologiques, c'est-à-dire à la limite de la dolomie. Les travaux d'exploitation ont été faits jusqu'à ces derniers temps dans un amas blanc peu puissant et donnant du minerai assez pauvre. Tout récemment la découverte de la partie supérieure d'un amas de calamine rouge a beaucoup augmenté la valeur de la concession.

L'amas blanc paraît s'étendre presque sans interruption vers le Nord-Ouest dans les concessions Minerva, Magdalena, Carl-Gustav. Cet amas blanc, très-étendu, est fort irrégulier en richesse et en puissance. Il remplit des cavités très-rapprochées de la surface du calcaire, et pend dans son ensemble vers le Sud, sous un angle d'au moins 5 à 6°. La puissance de cet amas blanc est très-variable; elle atteint jusqu'à 4m,50; mais la richesse de la calamine paraît être presque partout en raison inverse de son épaisseur; la partie supérieure de l'amas est souvent composée presque exclusivement d'argile marneuse très-peu zincifère. La plus grande richesse en calamine paraît répondre à la puissance de 1 mètre à 1m,50. Le calcaire est déchiré par plusieurs failles, dont quelques-unes ont occasionné des rejets de 5 à 7 mètres. Les argiles qui recouvrent le minerai présentent également des surfaces polies, qu'on pourrait attribuer à des glissements. Le dépôt de l'amas de calamine est certainement postérieur aux bouleversements du calcaire, car les veinules de calamine suivent partout la surface irrégulière du sohlenstein.

L'amas rouge a été rencontré par une seule galerie dirigée vers le Sud-Est, et sous la dolomie qui recouvre également l'amas blanc. La *fig.* 10, *Pl. VI* représente la coupe du terrain par l'axe de la galerie. L'amas rouge, en *bb*, plonge vers le Sud sous la dolomie. Un sondage est commencé à 100 mètres environ au Sud de la galerie; s'il rencontre la calamine rouge entre la dolomie et le calcaire, l'avenir de la mine Rudolph nous paraît très-beau. Mais il faudra probablement pour exploiter l'amas une machine d'épuisement beaucoup plus forte que celle actuellement en activité (elle est de la force de 12 chevaux). **Amas rouge.**

Vers le Nord de la concession, hors des limites de la dolomie, l'amas blanc assez puissant est recouvert par du minerai de fer argileux et zincifère, *Pl. VI*, *fig.* 11.

La production annuelle de la mine ne dépasse pas maintenant 1.200 tonnes de minerai bon à traiter. Les propriétaires de la concession fondent de grandes espérances sur l'amas rouge rencontré en un point, et refusent de vendre leurs parts si ce n'est à un prix très-élevé, tout à fait exagéré, si on ne considère que la production actuelle.

Nous terminerons ce qui est relatif aux concessions de calamine dans la Haute-Silésie par quelques mots sur les mines Trockenberg, Bescheert-Glück, Anton, Heinrich, etc.

A la limite méridionale de la masse dolomitique de Tarnowitz, des amas rouges peu puissants, et bien moins étendus que ceux dont nous avons parlé précédemment, sont exploités dans les concessions Trockenberg, Bescheert-Glück. La puissance moyenne de ces amas ne dépasse pas 2 mètres. L'épaisseur maxima du minerai atteint

rarement 3 mètres. La calamine qu'ils produisent est notablement moins riche et moins pure que celle de Scharley.

Ces amas rouges, étant situés en grande partie au-dessus du niveau des eaux, ont déjà été exploités depuis fort longtemps, ce qui diminue certainement beaucoup leur importance. Ils sont d'ailleurs placés dans des conditions géologiques analogues à celle des amas de Scharley, Maria, Thérèse, c'est-à-dire qu'ils sont en partie recouverts par la dolomie, et qu'ils reposent en partie sur le calcaire, en partie sur des amas blancs. Ces derniers ne présentent plus guère à exploiter que le wasch-lager.

Bescheert-Glück ne produit pas annuellement plus de 1.500 tonnes de minerais de toutes qualités, et ne paraît pas pouvoir assurer cette production pendant un petit nombre d'années.

Trockenberg a récemment acquis un peu plus d'importance par la découverte de parties encore vierges de son amas rouge, et paraît avoir un avenir plus assuré.

Parmi les concessions qui n'ont reconnu et ne peuvent espérer que des amas blancs, en raison de leur éloignement des grandes masses dolomitiques, les plus importantes sont : Vérona, Anton, Heinrich.

Ces mines sont situées au Nord-Ouest de Beuthen, dans la partie de la Silésie dans laquelle ont été faits les plus anciens travaux d'exploitation de la calamine. Ces concessions renferment encore de beaux massifs de calamine vierge, mis récemment en exploitation, et des parties anciennement travaillées. Elles produisent annuellement de 3 à 4.000 tonnes de bon minerai.

Les concessions Leopold, Alexanderblick, etc., situées vers l'Ouest, dans le voisinage de Gurnicki, ont eu de très-beaux amas blancs. Malheureusement pour les propriétaires actuels, ces amas étaient au-dessus du niveau des eaux et les anciens les ont exploités, probablement à plusieurs reprises, dans toutes leurs parties riches. L'importance de ces concessions est donc assez petite.

Plusieurs concessions, au Nord de Beuthen, près de Radzionkau, sont dans le même cas; cependant la surface du calcaire paraît s'enfoncer sous le niveau des eaux en un grand nombre de points, et il serait possible que des sondages fissent reconnaître plus tard des amas encore vierges, qu'on pourrait mettre en exploitation à l'aide de machines à vapeur.

De nombreux et beaux amas calaminaires sont exploités dans la Pologne, un peu à l'Est de la Haute-Silésie, et dans les mêmes conditions géologiques. Nous regrettons beaucoup que les circonstances politiques nous aient empêchés de les visiter.

Avant d'indiquer les conditions dans lesquelles se trouvent placées les usines qui traitent les minerais de zinc, nous croyons convenable de donner un aperçu du gisement des minerais de plomb et de fer dans la Haute-Silésie.

Gisement et exploitation des minerais de plomb.— Les minerais de plomb, galène et plomb carbonaté, se trouvent assez répandus dans les environs de Beuthen et de Tarnowitz, et toujours dans le voisinage presque immédiat de la dolomie. Les amas de calamine rouge de Scharley, Maria, Thérèse, etc., contiennent tous, à leurs parties supérieures, des couches plus ou moins

épaisses et riches de galène et de plomb carbonaté argentifères. Ces mines ne peuvent fournir qu'une quantité peu considérable de minerais. La plus grande partie de la galène, traitée à l'usine de Friedrichs-Hütte, provient de la grande exploitation sous la dolomie au Sud de Tarnowitz. L'amas de galène est placé entre la dolomie et le muschelkalk. Il se présente presque comme une couche peu puissante inclinée vers l'Ouest de 2 à 6 degrés. La plus grande longueur connue de l'amas, du Nord au Sud, de Sowitz à Silberberg, a près de 8 kilomètres; sa largeur moyenne dépasse 2 kilomètres (1). La puissance de l'amas atteint quelquefois 4 mètres; elle est ordinairement bien moindre. L'amas contient beaucoup d'argile souvent très-ferrugineuse et l'épaisseur de la galène elle-même est très-petite : elle n'est le plus généralement que de quelques centimètres et son maximum connu jusqu'à présent est de $0^m,40$. Le minerai se présente sous deux aspects différents; on les distingue sous les noms de amas tendre, amas dur.

Friedrichs-Hütte.

L'amas tendre renferme la galène en petites masses irrégulières, discontinues, séparées par de l'argile ferrugineuse. Les parties les plus riches des amas tendres ont été exploitées par les anciens. L'amas dur contient la galène en couches minces, continues, de la dolomie et des argiles marneuses compactes; les couches de galène offrent souvent des ramifications pénétrant dans la dolomie.

Le toit de l'amas de galène, tendre ou dur, est

(1) La profondeur de l'amas au-dessous du sol varie de 40 à 45 mètres.

toujours la dolomie, que les mineurs désignent pour cette raison sous le nom de *dach-dolomit*. Le sohlenstein ou calcaire qui constitue le mur est altéré au contact du minerai et jusqu'à une certaine profondeur. Il est souvent dolomitique au contact du minerai. Sa couleur un peu brune lui a fait donner par les mineurs le nom de brauner-sohlenstein.

Dans plusieurs parties de l'amas, la galène est remplacée par des couches minces de graphite et d'argiles noires vitrioliques. Ces couches n'ont que peu de développement.

L'amas présente en un petit nombre de points du plomb carbonaté noir et terreux et du sulfate de plomb; mais ces minerais peu abondants peuvent être considérés comme des minéraux accidentels.

L'exploitation de la galène a commencé auprès de Tarnowitz en 1526. L'abondance des eaux fit faire presque immédiatement une galerie d'écoulement (1543) asséchant seulement une petite partie de l'amas. En 1568 une compagnie de négociants de Cracovie commença une seconde galerie d'écoulement, dont le percement fut abandonné par suite des difficultés du terrain. La guerre de Trente ans vint ensuite interrompre tous les travaux et enlever au pays le plus grand nombre de ses bons mineurs. De 1650 à 1755 l'exploitation fut poussée sans beaucoup d'activité et enfin abandonnée par suite de l'abondance des eaux. Historique.

Vers l'année 1780 on entreprit plusieurs puits de recherche dans le but de reprendre sur une grande échelle l'exploitation de l'amas abandonné. Dès le 16 juillet 1784, le puits Rudolph rencontrait la galène assez riche pour faire concevoir de

hautes espérances; peu de temps après le minerai de plomb était retrouvé en un grand nombre de points assez éloignés les uns des autres. Pour maîtriser les eaux fort abondantes, on fit d'abord venir d'Angleterre (1788) une machine à vapeur, du système atmosphérique, et dont le cylindre avait un diamètre de 0m,83; quelques années plus tard on construisit à Gleiwitz plusieurs autres machines, qui bientôt furent insuffisantes.

Au commencement de 1790 la force totale des machines dépassait 200 chevaux; elles élevaient par minute plus de 18 mètres cubes d'eau, d'une profondeur de 43 mètres; leurs frais annuels s'élevaient à 75.000 fr.

Ces machines ne suffisant pas, l'administration se résolut à faire au Nord de l'amas une galerie d'écoulement, longue de 3.500 mètres, et aboutissant dans la vallée voisine de l'usine à plomb Friedrichs-Hütte. Cette galerie fut appelée Gott-Helf-Stolle. Au point de rencontre de l'amas on plaça une machine à vapeur, dont le cylindre avait 60 pouces anglais de diamètre, destinée à élever les eaux du fond des travaux jusqu'à la galerie d'écoulement : la différence de niveau était d'environ 6 mètres. L'amas fut reconnu et mis en communication avec le puits par deux systèmes de galeries croisées; la plus éloignée vers le Sud était à plus de 5.000 mètres du puits à la machine. La somme des longueurs de toutes ces galeries, en comprenant la galerie d'écoulement est supérieure à 18.000 mètres.

Ces immenses travaux préparatoires, et les nombreux puits de recherche foncés en même temps, ont défini un vaste champ d'exploitation, dont la surface est de plus de 4 millions de mètres

carrés. L'amas ne s'est trouvé exploitable que sous la dixième partie, tout au plus, de cette surface.

Le champ d'exploitation fut divisé en quatre zones parallèles et dirigées de l'Est à l'Ouest. A chaque zone étaient affectées : une voie de fond, pour réunir les eaux et un puits muni d'une machine à vapeur, destinée à élever les eaux jusqu'au niveau de la galerie d'écoulement.

Ces travaux terminés, l'exploitation du minerai fut poussée avec activité ; la production annuelle était d'environ 15 à 1.600 tonnes de minerais de différentes qualités. Nous en donnons le détail dans le tableau suivant :

	tonnes.
Stufferz (minerai pur en morceaux). . . .	130
Wascherz (minerai lavé).	920
Grabenschlich (gros schlich en sable). . .	370
Heerdschlich (schlich fin)	124
Production annuelle.	1.544

La galerie d'écoulement Gott-Helf-Stolle a pu suffire jusqu'en 1820, mais à cette époque il devint nécessaire de faire une nouvelle galerie à un niveau inférieur. Son orifice est dans une petite vallée à l'Ouest de Tarnowitz (vallée de Drama) et dans la dolomie. Elle est dirigée presque de l'Ouest à l'Est ; sa longueur est de plus de 5.000 mètres. Le niveau de cette galerie est plus bas de 11^{m},15 que celui de la Gott-Helf-Stolle (1).

(1) Les descriptions des travaux difficiles nécessités par cette galerie se trouve en détail dans les Annales des mines de Silésie (1846). Nous avons emprunté à ce recueil une partie des détails qui précèdent sur l'histoire de l'exploitation des minerais de plomb.

Dans la détermination de son orifice et de sa direction les ingénieurs se sont principalement attachés à éviter les sables et graviers et à choisir les points les plus favorables pour le foncement des puits intermédiaires destinés à activer le percement de la galerie.

Les travaux commencés en 1821 n'ont été terminés qu'en 1834 après de nombreux efforts pour maîtriser les eaux. La galerie a coûté 157f,65 par mètre courant, soit pour toute la galerie (dont la longueur est 5.415 mètres, en comprenant le fossé de 882 mètres qui la prolonge au jour) 853.675 fr.

Grâce à cette galerie les machines d'épuisement sont maintenant inutiles. Celle de 60 pouces anglais sert à élever les eaux nécessaires à la préparation mécanique.

Nous dirons peu de mots de l'exploitation de la galène décrite déjà par plusieurs ingénieurs. Après avoir reconnu une partie exploitable de l'amas, on la traverse par une galerie servant au roulage, à l'aérage et à l'écoulement des eaux, et communiquant pour cela avec le puits d'extraction et avec la galerie d'écoulement. On lui donne ordinairement 2 mètres en hauteur et en largeur.

On attaque l'amas, de part et d'autre de cette galerie, d'abord par deux tailles normales à sa direction et larges de 4 mètres, poussées jusqu'aux limites de la partie exploitable; on enlève ensuite le minerai en avançant parallèlement à la galerie par de grandes tailles disposées en gradins. On soumet le minerai dans la mine à un premier triage, qui fournit assez de déblais pour qu'on puisse remblayer complétement. Les gros fragments durs et stériles sont réservés pour faire des

murailles en pierres sèches près des galeries de roulage.

Le toit dolomitique est très-solide; il n'exige aucun bois pendant l'abattage; il est ensuite très-bien soutenu par les remblais.

La puissance de la galène, c'est-à-dire la somme des épaisseurs des veines qu'elle forme dans l'amas, est très-variable, mais généralement très-faible. Elle a pour limite supérieure 0^m,40, et ne dépasse pas ordinairement 0^m,20. En comparant le poids et le volume de la galène obtenue à la surface exploitée de l'amas, on peut calculer l'épaisseur moyenne du minerai compacte supposé étendu uniformément sur cette surface. On est arrivé aux résultats consignés dans le tableau suivant pour les années 1842-43-44.

Années.	Surface exploitée.	Puissance moyenne.
1842	11.012 mètres carrés.	0^m,0078
1843	10.336	0^m,0088
1844	11.907	0^m,0071

En 1845 et en 1846 la puissance moyenne n'a certainement pas été plus grande.

Le minerai est amené des tailles au puits d'extraction dans des brouettes contenant environ 50 kil. Il est ensuite chargé dans des tonnes qui l'élèvent au jour. Le moteur de l'extraction est une petite turbine placée au fond du puits et de la force d'environ 2 chevaux. L'eau motrice provient d'une des anciennes galeries de fond, dite Heinrich-Sohle. La chute de l'eau est d'un peu plus de 8 mètres. Le mouvement rapide de rotation de la turbine est transmis par des engrenages à l'axe des deux tambours, sur lesquels s'enroulent les deux câbles en fil de fer, qui soulèvent les tonnes.

Chaque tonne élève au jour 300 kil. de galène en 5 minutes, d'une profondeur de 45 mètres. Le mouvement ascensionnel est donc fort lent. On n'élève par jour que 24 à 25 tonnes de minerai, et souvent moins.

Le puits d'extraction est voisin de la préparation mécanique, à laquelle se rendent une grande partie des minerais. Nous ne décrirons pas cet atelier auquel on n'a presque rien changé depuis le mémoire publié dans les Annales des mines par M. Delesse. La seule modification un peu importante a été de remplacer les tamis à secousses par des tamis à pompes foulantes, dont le travail est un peu plus rapide.

La mine produit une certaine quantité de minerai assez pur pour être envoyé directement à l'usine; on lui donne le nom de stufferz. La préparation mécanique donne trois autres qualités de minerai : le minerai lavé, en morceaux (wascherz); le minerai lavé, en gros sable (grabenschlich); le minerai lavé, en sable très-fin (heerdschlich).

Le stufferz et le wascherz rendent ordinairement de 60 à 70 p. o/o de plomb; le grabenschlich 52 à 54 et le heerdschlich 44 à 46.

Nous donnerons maintenant quelques nombres relatifs à la production et au prix de revient du minerai en 1842-43-44.

En 1842 on a obtenu :

	tonnes.		fr.
Stuff. et wascherz.	622	admises à l'usine au prix de. .	25,45 les 100 k.
Grabenschlich. . .	160		15,22
Heerdschlich. . .	79		9,32
Total. . .	861		

Le prix de revient moyen des 100 kil. a été de 22f,25, très-peu inférieur à la moyenne 22f,31, attribuée aux minerais à l'usine royale.

Le personnel employé en 1842 a été composé comme suit : 187 mineurs, 165 rouleurs, 68 laveurs, 18 ouvriers accessoires.

En 1843 et 1844 la production a été très-peu différente, le prix de revient est resté presque le même.

	(1843)	(1844)
Stuff- et wascherz.	633 tonnes.	503 tonnes.
Grabenschlich. . .	189	172
Heerdschlich. . . .	60	61
Production totale.	882	736

Les prix de revient ont été de 19f,55 et 21f,27 par 100 kil. de minerais. Les valeurs moyennes attribuées aux minerais à l'usine ont été de 22f,33 et 21f,82 par 100 kil.

Le personnel était en 1843 de 172 mineurs, 168 rouleurs, 89 laveurs, 29 ouvriers accessoires.

Il était en 1844 de 194 mineurs, 159 rouleurs, 80 laveurs, 22 ouvriers accessoires.

Les nombres relatifs aux années 1845 et 1846 sont probablement très-peu différents de ceux qui précèdent.

L'usine royale de Friedrichs-Hütte fond, outre les minerais provenant de la mine royale, ceux produits par les mines de calamine. Ces derniers sont souvent plus pauvres en plomb, mais un peu plus riches en argent que ceux de la Friedrichs-Grube.

Toutes les mines de calamine des environs de Beutheu peuvent produire annuellement de 60 à

76 tonnes de minerai de plomb. Leur importance n'est par conséquent pas bien grande.

Amas de minerais de fer. — Nous croyons devoir dire encore quelques mots de la nature des minerais de fer et de leur mode de gisement, afin de compléter par là l'aperçu des richesses minérales de la Haute-Silésie.

Nature des minerais. Le minerai de fer le plus abondant est l'hydroxyde sous toutes ses variétés, excepté toutefois l'hématite brune qui est fort rare. L'hydroxyde compacte se trouve en fragments considérables, en blocs irréguliers et presque en grains; l'hydroxyde terreux se présente soit comme le ciment qui réunit les fragments de l'hydroxyde compacte, soit isolé et dans ce cas toujours plus ou moins argileux. Un très-grand nombre d'amas de fer hydroxydé sont dans le voisinage presque immédiat de la dolomie et en relation avec elle.

L'oxyde rouge, très-rare dans la Haute-Silésie, se présente compacte ou terreux, en amas presque toujours éloignés de la dolomie.

Le fer carbonaté compacte et argileux se trouve dans quelques couches d'argiles schisteuses du terrain houiller. La variété désignée sous le nom de sphérosidérite se présente en Pologne dans des argiles que les géologues allemands rapportent au grès vert. Ces minerais ont besoin d'être grillés avant d'être fondus.

Les minerais de fer renferment quelques minéraux accidentels, l'oxyde de manganèse, la galène, le plomb phosphaté et le plomb carbonaté, de la calamine. Quelques fragments de minerais renferment au centre un peu de pyrite de fer, et ce fait, ainsi que la structure radiée de l'oxyde de fer,

prouve que l'oxyde provient, au moins en partie, de la décomposition de la pyrite de fer.

Gisement.

On peut distinguer plusieurs modes de gisement des minerais de fer hydroxydé. Presque toujours les amas sont recouverts par les sables et argiles modernes.

Le plus grand nombre des amas de minerais de fer, et les plus puissants reposent immédiatement sur le muschelkalk, qui est pour eux, comme pour les amas calaminaires, le sohlenstein. Ces amas sont en général peu étendus et fort rapprochés les uns des autres; ils contiennent presque toujours le minerai hydroxydé en fragments ou en blocs irréguliers, cimentés par de l'argile ocreuse; rarement l'hydroxyde de fer forme des couches irrégulières et ondulées, quelquefois brisées et comme brouillées avec les argiles du toit. La puissance la plus ordinaire de ces amas est de 4 à 5 mètres; elle atteint parfois jusqu'à 12 mètres dans les amas voisins de Tarnowitz (1).

Les amas de minerais de fer reposant sur le calcaire sont fort nombreux dans le voisinage des grandes masses dolomitiques de Beuthen et de Tarnowitz. Ils constituent pour ainsi dire une ceinture à la dolomie.

Dans la dolomie elle-même on connaît plusieurs amas de minerais de fer; ils sont fort argileux et souvent dolomitiques. L'hydroxyde de fer est presque toujours assez impur; il contient un peu de calamine, mais principalement de la galène argentifère.

Dans les hauts-fourneaux le plomb, ramené à

(1) Ces amas sont maintenant presque tous épuisés, au moins jusqu'au niveau des eaux.

l'état métallique, se volatilise en partie, mais une assez forte proportion se fait jour à travers les joints des briques des creusets et se réunit sous les voûtes inférieures. Ce plomb des hauts-fourneaux est plus riche en argent que celui qui provient du traitement des minerais de plomb à l'usine de Friedrichs-Hütte : il contient plus de 0,003 d'argent.

Les amas de minerais de fer dans la dolomie sont presque toujours, comme les précédents, recouverts par les argiles et les sables modernes. Ils sont assez nombreux dans la grande masse de dolomie, qui s'étend au Sud de Tarnowitz.

On trouve encore un bon nombre d'amas de minerai de fer superposés aux amas de calamine blanche, et plus rarement aux amas de calamine rouge. Le minerai se présente le plus ordinairement en couches fort irrégulières ou en blocs irréguliers séparés par des argiles ferrugineuses. La puissance de ces amas dépasse rarement 2 mètres, et le minerai est toujours très-zincifère et quelquefois un peu plombeux. Ces minerais donnent lieu, dans les hauts-fourneaux, à des cadmies abondantes.

Les minerais carbonatés sont peu abondants; ils se présentent presque toujours en couches ou veines assez minces, et plus rarement en rognons dans les argiles du terrain houiller; ils sont plus riches que les minerais hydroxydés, mais donnent du fer de mauvaise qualité; aussi ne les emploie-t-on que mélangés avec une très-forte proportion de minerais hydroxydés.

Nous ne parlerons pas des minerais carbonatés du grès vert, ni des amas de fer oxydé rouge, que nous n'avons pas eu l'occasion de visiter.

Le rendement moyen des minerais de fer est de 25 à 30 p. o/o pour les minerais hydroxydés, et de 35 à 38 p. o/o pour les minerais carbonatés. Ils donnent souvent de la fonte assez médiocre; on doit attribuer une bonne partie des mauvaises qualités de la fonte à la nature très-sulfureuse de la houille employée pour faire le coke. Les hauts-fourneaux au charbon de bois donnent d'assez bonnes fontes.

L'exploitation des minerais de fer a déjà épuisé un bon nombre des amas placés au-dessus du niveau des eaux; on a toujours reculé jusqu'à présent devant l'installation des machines d'épuisement, qui permettraient d'exploiter sous l'eau. Il est probable que dans un certain nombre d'années on ne négligera plus autant les amas situés sous les eaux.

L'exploitation des minerais de fer se fait par l'ancienne méthode des puits très-rapprochés, ou bien à ciel ouvert. Nous ne nous arrêterons pas à la décrire. Le prix de revient le plus ordinaire du minerai de fer amené à la surface du sol est de 2 francs par 1.000 kil. Les usines l'achètent environ 5 francs; elles ont à leur charge les frais de transport.

Les minerais de fer sont traités dans plus de soixante hauts-fourneaux établis sur le terrain houiller au Sud de Beuthen, et à une distance de plusieurs kilomètres des mines livrant le minerai de fer. Ces fourneaux fondent annuellement de 115.000 à 120.000 tonnes métriques de minerais.

En admettant 3 francs comme le bénéfice moyen des propriétaires des mines, par tonne de minerai, on arrive au nombre 360.000 francs pour le

bénéfice total de tous les propriétaires des mines de fer.

Exploitation de la houille. — Les mines de houille en activité sont presque toutes situées dans la partie du terrain houiller au Sud et à l'Est de Beuthen. Ce terrain se prolonge fort loin en Pologne. Les grès, les schistes et la houille présentent en général une grande régularité de direction, d'inclinaison et de puissance. L'inclinaison n'atteint que rarement 15 degrés; la direction générale est à peu près de l'Est à l'Ouest. La roche dominante du terrain est le schiste gris, feuilleté, assez solide. Les grès sont gris et très-compactes. La houille se présente en couches nombreuses et de puissances très-différentes : les unes n'ont que $0^m,75$ et sont considérées comme inexploitables; les autres ont plusieurs mètres, et quelques-unes jusqu'à plus de 8 mètres.

Nature de la houille.

La houille est généralement d'assez mauvaise qualité; elle contient presque toujours une quantité assez considérable de pyrite de fer et d'argile. Les couches puissantes donnent du charbon demi-gras, très-flambant, laissant un mâchefer spongieux, avec lequel on forme au-dessus des grilles des fours à zinc une couche assez épaisse, qui préserve très-bien les barreaux et diminue beaucoup la proportion des escarbilles. Plusieurs couches donnent de la houille presque grasse, qui, carbonisée en longs tas prismatiques (1), produit du coke, toujours fort mauvais, employé dans les hauts-fourneaux. Quelques ingénieurs prussiens

(1) Quelques usines carbonisent la houille en tas coniques, de petites dimensions, avec une cheminée au centre. La carbonisation n'est jamais complète.

pensent que la houille des couches puissantes d'environ 2 mètres est en général la meilleure pour la fabrication du coke.

Le nombre des concessions de houille accordées aux particuliers dans la Haute-Silésie s'élève à 241. Le roi s'est réservé les deux plus importantes, tant pour la puissance des couches et la nature du charbon que pour leur étendue. Les deux mines royales sont : Kœnigs-Grube, Kœniginn-Louise-Grube. **Nombre des concessions.**

Les nombreuses usines à zinc et à fer, les verreries consomment une quantité considérable de houille; une certaine proportion est aussi exportée par les canaux; cependant un grand nombre de mines ne peuvent être exploitées par manque absolu de débouchés; d'autres ne peuvent vendre leurs produits qu'à un petit nombre d'usines à zinc, et sont obligées à n'exploiter qu'une quantité de charbon insuffisante pour le bon aménagement des travaux. Sur les 241 concessions particulières, moins de 80 étaient en exploitation en 1845.

Le mode d'exploitation, commun à toutes les mines de houille de la Silésie, est trop connu pour que nous entreprenions de le décrire ici avec détail; nous ne ferons que l'exposer brièvement. **Exploitation.**

En général on commence par enfoncer deux puits jusqu'à la couche que l'on veut exploiter; on les réunit dans la couche par une galerie, qui doit être suivant la pente, lorsque celle-ci n'est pas trop forte. De part et d'autre de cette voie montante principale on attaque la houille par des tailles horizontales séparées par des piliers. Les tailles ont 4m.15, excepté près de la voie montante. Pour préserver cette galerie contre les mouve-

ments du toit, on ne donne que 2 mètres de largeur aux tailles jusqu'à une distance d'au moins 10 mètres de la galerie. Les piliers ont toujours 6m,20 de puissance.

La galerie horizontale inférieure sert au roulage et à l'écoulement des eaux ; à cet effet, elle est mise en communication avec l'un des deux puits, affecté à l'extraction, et avec la galerie d'écoulement ou le puits d'épuisement.

Quand les tailles ou galeries horizontales sont toutes parvenues aux limites de la concession ou du champ d'exploitation, on procède au dépilage en commençant par les piliers supérieurs et en revenant des extrémités du champ d'exploitation vers la voie montante. On place d'abord des étançons pour soutenir le toit dans la partie abattue du pilier et dans la galerie ou taille immédiatement inférieure, en les disposant par doubles rangées parallèles, et dirigées suivant la pente. A mesure que le dépilage avance, les étançons sont enlevés et reportés en arrière, de manière à ce qu'ils suivent le front de dépilage à 4 mètres environ de distance. Le toit s'affaisse peu de temps après l'enlèvement des bois et souvent en masse, ce qui exige des bois très-solides pour garantir les fronts de dépilage. Presque toujours les couches de houille sont divisées en veines par des lits d'argiles schisteuses. Quand la veine supérieure est plus solide que le toit, on la laisse ordinairement dans les tailles et dans le dépilage : comme elle tombe en général avant l'éboulement du toit, les mineurs peuvent enlever une partie de la houille qui en provient.

Dans les couches puissantes de 7 à 8 mètres les frais d'abattage sont moindres que dans les cou-

ches de moyenne épaisseur; mais les frais de boisage sont bien plus considérables, en sorte que le prix de revient de la houille est à très-peu près le même pour toutes les exploitations bien dirigées, bien que la puissance des couches soit très-différente.

La surface du terrain houiller est généralement peu accidentée; aussi faut-il des galeries d'écoulement très longues pour assécher une petite hauteur de terrain. A Kœnigs-Grube les ingénieurs se sont décidés à entreprendre une galerie d'écoulement de 16 kilomètres (de Zabrze à Kœnigs-Grube) pour assécher d'une vingtaine de mètres les belles couches exploitées dans cette mine. Cette longue galerie n'est pas encore terminée.

Un très-petit nombre d'exploitations emploient des machines à vapeur pour l'épuisement des eaux.

L'extraction de la houille se fait en général pas des treuils, et, pour un très-petit nombre de puits, par des machines à vapeur.

Les mineurs se réunissent généralement plusieurs ensemble pour prendre les travaux à l'entreprise. On leur donne un prix déterminé par tonne de grosse houille amenée au jour. Ils doivent en outre élever à la surface tous les menus qui s'enflamment avec une grande facilité quand ils sont employés comme remblais, ou laissés sous les éboulements du toit. A la Fanny-Grube, le feu s'est déclaré et dure depuis plus de vingt-cinq ans dans des vieux travaux remblayés avec des menus, qui avaient d'abord été amenés au jour, et ensuite employés comme remblais. On a muré avec grand soin toutes les galeries qui auraient pu amener l'air dans la partie embrasée;

mais les crevasses nombreuses, produites par les éboulements du toit, laissent pénétrer assez d'air pour entretenir l'incendie avec une assez grande énergie. On fait arriver dans ces crevasses l'eau élevée par les machines d'épuisement de cette concession et des concessions voisines; cependant la combustion est assez active pour qu'on puisse, à la surface, faire cuire les aliments et même enflammer du papier dans certaines crevasses. Une grande partie de la couche principale, puissante de plus de 8 mètres, est rendue inexploitable par cet accident.

Plusieurs autres couches sont également en feu dans différentes exploitations; mais, dans aucune autre, le désastre n'est aussi grand qu'à la Fanny-Grube.

Prix de revient. Le prix de revient de la grosse houille (stückkohlen) varie de 2f,50 à 3f,70 par tonne de 1000 kil. Le menu est supposé ne rien coûter : il ne peut être vendu en général qu'autant que le prix des charbons est un peu élevé, ou pour certaines mines favorablement placées par rapport aux usines.

Les prix de vente sont fixés par l'administration des mines de Tarnowitz pour chaque exploitation et même pour chaque couche. Le gouvernement prélève, *en argent*, une redevance égale à la valeur du dixième de la quantité extraite, et d'après les prix fixés par la taxe administrative. Les prix de vente les plus ordinaires sont, pour 1.000 kilog. :

	fr.	fr.
Grosse houille :	de 5,60	à 6,40
Menue houille :	de 1,90	à 2,50

Le rapport des quantités de gros et de menu, est variable de 1/2 : 1 jusqu'à 7 : 2. Il est plus fort dans les couches puissantes.

Les deux mines royales Kœnigs-Grube et Kœniginn Louise-Grube, ont produit en 1844 : Production.

	tonnes métriques.
Grosse houille. .	50.242,00
Menue houille. .	26.710,40
Total. . . .	76.952,40

Ces charbons ont été, pour la plus grande partie, employés dans les usines royales.

Les exploitations particulières ont produit, en 1844 :

	tonnes métriques.
Grosse houille. . . .	411.416,80
Houille pour forges.	4.795,90
Menue houille. . . .	174.501,60
Total. . . .	590.714,30

La production n'a pas beaucoup varié en 1845 et en 1846.

Les charbons extraits dans la Haute-Silésie représentent une valeur de plus de 3 millions de francs, et leur exploitation occupe plus de 4.000 ouvriers.

Traitement des minerais de zinc. — Nous croyons utile de faire suivre les renseignements précédents, relatifs à la richesse minérale de la Haute-Silésie, de quelques considérations générales sur la situation des usines à zinc. Nous n'avons pas l'intention de décrire en détail le procédé métallurgique de traitement des minerais de zinc. Ce procédé est bien connu, et sa description se trouve avec beaucoup d'exactitude dans plusieurs mé- Usines à zinc.

moires publiés. Toutes les usines le suivent sans autres modifications que les différences de soins apportés dans la construction des bâtiments et des canaux d'airage et dans la conduite des fours.

Le nombre des usines à zinc, actuellement construites dans la Haute-Silésie, dépasse certainement cent; elles sont toutes sur le terrain houiller et doivent par conséquent transporter les minerais et les terres réfractaires. Elles ont presque toutes la houille au même prix et sans frais de transport; les différences assez grandes qu'elles présentent dans leurs conditions économiques proviennent principalement :

De leur construction plus ou moins ancienne; de la richesse de leurs propriétaires, et de l'habileté de leurs directeurs; des contrats passés avec les différentes mines de calamine pour la quantité, la nature et la richesse du minerai livré annuellement; et, dans des limites assez restreintes, de l'éloignement des mines, qui augmente les frais de transport des minerais.

Les premiers fours employés en Silésie pour la réduction de la calamine, étaient des fours de verrerie contenant seulement quatre moufles. Le nombre des moufles a été progressivement augmenté jusqu'à vingt (1); et les fours sont maintenant toujours réunis deux à deux. Les usines les plus anciennement construites ont dû modifier successivement leurs fours, et leurs bâtiments, les canaux inférieurs, amenant l'air aux grilles, ne peuvent pas être aussi bien adaptés aux fours nouveaux, que les bâtiments récemment con-

(1) Les usines de Pologne, qui suivent le même procédé, ont maintenant 24 moufles dans un four.

struits. Cependant les usines les plus incommodes ne sont pas seulement les plus anciennes, mais bien aussi plusieurs de celles construites vers 1823 et 1824. A cette époque, les spéculateurs achetaient des mines de calamine et construisaient des usines avec une fureur tellement aveugle, que bon nombre de mines, chèrement payées, se sont trouvées ne contenir que de la dolomie, et que plusieurs usines se sont écroulées avant que les fours eussent été mis en feu.

L'usine royale à Kœnigs-Hütte, et plusieurs usines appartenant à de riches particuliers, sont parfaitement bien disposées et très-simples. L'usine royale est peut-être celle qui se trouve dans les conditions les plus favorables relativement aux minerais. Elle est en effet la plus voisine des mines et ne traite que la meilleure calamine provenant de la redevance du dixième de l'extraction, perçue en nature. Le rendement des minerais est de 20 à 22 p. o/o, tandis que, dans la plupart des usines, la calamine ne rend que de 16 à 17 p. o/o de zinc, et que, dans un bon nombre d'usines, on n'obtient pas au delà de 12 p. o/o. Ces dernières ne peuvent faire des bénéfices qu'autant que le prix du zinc est plus élevé qu'en 1846.

Les terres réfractaires pour les moufles et les voûtes des fours viennent de Murau, en Pologne; elles sont de très-bonne qualité et ne coûtent pas plus de 14 à 15 francs la tonne métrique rendue aux usines (1). Les terres réfractaires de seconde

---

(1) La terre réfractaire de Murau peut être comparée pour la qualité à celle de Tahier, près d'Andennes en Belgique. Cette dernière est vendue également de 14 à 15 fr., rendue à Huy.

qualité se trouvent en Silésie, ainsi que les argiles non réfractaires employées pour la fabrication des bottes et des pots. Ces terres ne coûtent pas plus de 2 à 5 francs rendues aux usines.

La houille et la main-d'œuvre sont à très-bon marché, en sorte que, pour les matières premières et les conditions principales de la fabrication, les usines de la Silésie sont pour le moins aussi favorisées que la plupart des usines à zinc de la Belgique. Le minerai seul est plus pauvre.

Transports. Les transports des minerais et des terres se font dans des charrettes de paysans polonais, contenant environ 1.000 kilog. Ils coûtent environ 0f,50 par tonne et par kilomètre. Les transports ne peuvent être faits que pendant l'été et l'hiver. Les chemins sont impraticables au printemps et à l'automne.

Le zinc, fabriqué en Silésie, est dirigé par le chemin de fer ou par les canaux sur Breslau, et de là sur Hambourg ou Stettin. Une grande partie du zinc de Silésie est exportée en Angleterre. Jusqu'à ces dernières années, la société de la vieille Montagne a fait laminer, dans ses usines de France, une certaine quantité du meilleur zinc de Silésie. Cette société veut maintenant étendre considérablement sa fabrication au moyen de ses propres minerais, et renoncer à acheter le zinc de Silésie. Le prix des transports des usines silésiennes en France peut être détaillé ainsi qu'il suit :

	fr.		fr.
Des usines à Breslau, par 1.000 kilog.	15,00	à	17,50
De Breslau à Hambourg et Stettin. . .	17,50	à	20,00
De Hambourg à Rouen.	20,00	à	25,00
Des usines à Rouen.	52,50	à	62,50

Le zinc de Silésie n'est généralement pas de

très-bonne qualité; il renferme un peu de plomb en quantité d'autant plus grande, que les usines emploient une plus forte proportion de calamine rouge; la calamine blanche ne contient presque pas de plomb, mais elle n'est plus maintenant assez abondante pour être employée seule à la fabrication du zinc. La plus grande partie du zinc renferme en outre du fer : ce métal provient des chaudières de fonte, dans lesquelles le zinc condensé sous les pots est refondu pour être coulé en lingots. Il serait très-facile d'obtenir du zinc non ferreux en substituant des chaudières en terre réfractaire aux chaudières en fonte : l'usage de ces dernières est cependant général, bien qu'il soit reconnu dans toutes les usines que les chaudières en argile réfractaire coûtent moins cher et durent plus longtemps que les chaudières en fonte.

Le prix de revient du zinc en lingots dépend beaucoup de la richesse des minerais. A l'usine royale, le prix de revient de 1.000 kilog. de zinc ne dépasse pas 225 francs, tandis qu'il s'élève à 375 fr. et même jusqu'à 450 fr. dans les usines traitant les minerais pauvres, et de plus mal dirigées. **Prix de revient.**

Nous donnerons le détail des frais spéciaux de la fabrication du zinc dans les conditions économiques moyennes, c'est-à-dire, le minerai rendant 16 à 17 p. o/o, acheté au prix de 37f,50 la tonne; la houille à 5f,26; la terre réfractaire au prix indiqué plus haut (1).

(1) La consommation des terres réfractaires n'est pas très-forte, car en général les voûtes des fours, en argile battue, durent deux ans, et les moufles résistent 6 mois. Un four de 20 moufles n'exige ordinairement que 40 moufles par an. Une moufle coûte de 6 fr. à 6f,50.

Pour 1.000 kilog. de zinc en lingots :

	fr.
6 tonnes de minerai, à 37f,50. . .	225,00
Moufles, boîtes, pots.	7,50
Matériaux pour réparations. . . .	2,50
Houille : 7t,50, à 5f,26.	39,45
Main-d'œuvre.	15,00
Administration, surveillance. . .	10,00
Total.	299,45

Soit environ 30 francs par quintal métrique.

Le prix de revient moyen du zinc rendu à Breslau est, d'après cela, 31f,50 à 32 fr. le quintal.

Le prix de vente, en 1846, sur le marché de Breslau, était de 37 à 38 francs.

Production. On évalue la production moyenne d'un jour à 45.000 kilog. par an. Comme la production totale des usines de la Haute-Silésie est de 20.000.000 de kilogr., le nombre des fours à zinc ne serait pas inférieur à 450.

Il n'est pas probable que la production de la Silésie puisse être beaucoup augmentée d'ici à quelques années, car l'exploitation des mines ne pourra se développer qu'à l'aide de machines d'épuisement ou de galeries d'écoulement, tandis qu'en Belgique les différentes sociétés formées récemment pour l'exploitation et le traitement des minerais de zinc font les plus grands efforts pour produire des quantités considérables de métal. La société de la vieille Montagne veut porter, en 1848, sa production à 12.000 tonnes.

Les autres sociétés, tant de la Belgique que de la Prusse rhénane, produiront probablement 8.000 tonnes, en sorte que, dans un avenir très-rapproché, la Silésie n'entrera plus que pour

moitié environ dans la production de zinc sur le continent (1).

La calamine de Silésie renferme une petite quantité de cadmium qu'on extrait, dans quelques usines, des oxydes de zinc formés dans la réduction de la calamine. Le procédé d'extraction du cadmium de ces oxydes ayant déjà été décrit dans les Annales des Mines (4e série, t. II. p. 31), nous n'avons pas à le développer ici. La production de cadmium ne s'élève certainement pas à 500 kilog. par an pour toutes les usines de la Silésie. On nous a assuré qu'à Breslau, le cadmium se vend de 6.000 à 7.000 fr. les 100 kilog. Cadmium.

Traitement des minerais de plomb. — Les minerais de plomb de toute la Silésie sont traités à l'usine royale dite Friedrichs-Hütte, située à 6 kilomètres environ au Nord de Tarnowitz. Pour se rendre compte de la position de cette usine, éloignée du terrain houiller, et des exploitations qui fournissent maintenant le minerai, il faut remarquer qu'à l'époque de sa construction on exploitait les minerais de plomb à une très-petite distance, et qu'en outre, dans la vallée où elle est placée, on peut disposer d'une force motrice assez grande, ce qui ne se trouverait pas au Sud de Tarnowitz, ni sur le terrain houiller.

Ainsi que nous l'avons dit précédemment, les minerais sont divisés en trois classes : Minerais.

Le stufferz et le wascherz, ou minerai en morceaux; le grabenschlich ou minerai en gros sable provenant du lavage; le heerdschlich ou sable fin

---

(1) Nous n'avons pas pu nous procurer de chiffres exacts sur la production des usines de Pologne. Cette production est certainement très-importante.

donné par les tables de la préparation mécanique.

Ces trois classes rendent ordinairement à l'essai 65 p. o/o, 46 p. o/o, 30 p. o/o de plomb. La richesse en argent varie d'une mine à l'autre; les minerais les plus pauvres en argent proviennent de la mine royale Friedrichs-Grube. Le plomb d'œuvre contient ordinairement 1,3 millième d'argent : le plomb provenant des hauts-fourneaux en contient plus du double. On traite encore à l'usine une certaine quantité des anciennes scories, contenant 5 à 6 p. o/o de plomb.

Combustibles. Pour le grillage des mattes on consomme une petite quantité de bois, et de la houille menue. Dans les fours de réduction, on emploie la houille de la mine royale Kœnigs-Grube : elle est dure, peu collante, très-pyriteuse; elle brûle sans boursouflement et en laissant 12 p. o/o de cendres. Elle coûte, rendue à l'usine, 6 francs la tonne de gros, et seulement 3 francs pour le menu.

Autrefois on employait le coke fabriqué à l'usine; mais on a trouvé une grande économie à lui substituer la houille elle-même, qui se comporte pour le moins aussi bien dans les fours de réduction. Pour la coupellation, on se sert également de houille.

Pour la réduction de la galène, on emploie la fonte en fragments ou en grenailles. La fonte est achetée en plaques minces, qui sont cassées à l'usine en menus fragments, ou bien en grenailles provenant du bocardage et du lavage des laitiers des hauts-fourneaux. Ces deux sortes de fontes coûtent à peu près le même prix, 12 francs les 100 kilog.

L'usine comprend :

Trois fourneaux à cuve pour la réduction; un fourneau de coupelle, à voûte mobile; un fourneau à manche pour la réduction des litharges; une soufflerie qui fournit le vent à tous ces fourneaux et dont le moteur est une belle roue hydraulique; un fourneau de raffinage de l'argent, un laboratoire, des magasins; les bureaux occupent des bâtiments séparés; les aires de grillage des mattes et les ateliers de fabrication des briques réfractaires et ordinaires sont placés derrière l'usine.

Fourneaux de réduction.

Les fourneaux qui servent à la réduction des minerais de plomb sont des demi-hauts fourneaux; leur section est rectangulaire vers le bas, et circulaire vers le haut, à partir de 2 mètres environ en contre-bas du gueulard. On fait circuler les vapeurs et gaz sortant de ces fourneaux dans des chambres destinées à recueillir les fumées plombeuses. Chaque fourneau n'a qu'une tuyère. La distance verticale du gueulard à la tuyère est de 5^m,15.

Les dimensions horizontales sont les suivantes :

De la varme à la poitrine.	1^m,00
Entre les costières.	1^m,572
Diamètre de la partie supérieure.	1^m,00

Toute la partie intérieure est construite en briques ordinaires; son épaisseur est de 0^m,31 vers la tuyère, et de 0^m,55 vers le gueulard. La partie inférieure dure seulement quelques jours; la partie supérieure est reconstruite deux fois par an.

La sole du creuset est en brasque et inclinée de la tuyère au bassin extérieur. La plus grande profondeur du creuset au-dessous de la tuyère est de 0^m,60.

Les scories et le plomb sont reçus d'abord dans un bassin ou avant-creuset, duquel on fait passer le plomb par un canal inférieur dans le bassin de coulée. Les deux bassins sont en brasque.

Les charges sont préparées sur un plancher au niveau des gueulards; les matières sont montées sur deux rampes inclinées.

Fourneau de coupelle. Le fourneau de coupelle est circulaire et à voûte mobile. La partie du fourneau qui reçoit la coupelle est un cylindre en briques réfractaires de 3^m,45 de diamètre; sa hauteur est de 0^m.91. La voûte mobile est en brique et vient s'adapter exactement sur les bords supérieurs du cylindre : elle a 0^m,47 de flèche; on la manœuvre au moyen de fortes chaînes et d'une grue. La coupelle est battue dans l'intérieur du cylindre quand la voûte a été enlevée; elle est composée de 4 parties de marne et 1 partie d'argile de Ruda. Ces matières finement pulvérisées sont d'abord bien mélangées à sec, puis mouillées et marchées longtemps. La pâte consistante et homogène obtenue de cette manière est battue par couches successives, comme cela se fait dans toutes les usines. L'épaisseur de la coupelle au milieu est de 0^m,16. Le vent est lancé vers le milieu du fourneau par une tuyère latérale. Les autres dispositions des fourneaux ne présentent rien de particulier. Les coupellations ne se font guère que tous les deux mois.

Fourneau de raffinage. Le fourneau de raffinage de l'argent est un petit réverbère dont la sole ou coupelle est mobile; elle est disposée dans un châssis en fer, fixé par une vis verticale à un petit chariot, qui peut rouler sur des rails horizontaux. Cette disposition permet d'amener la coupelle en dehors du fourneau pour le chargement, et de l'introduire ensuite

dans le fourneau pour l'opération. La coupelle est en os calcinés, broyés et fortement comprimés. Elle est elliptique; ses axes ont $0^m,57$ et $0^m,54$; sa profondeur maxima est de $0^m,08$. Le fourneau présente les dispositions ordinaires des fours à réverbères; l'air nécessaire au raffinage de l'argent est introduit par une porte latérale.

Fourneau à manche.

Le fourneau qui sert à la révivification des litharges est un simple fourneau à manche, dont la disposition ne diffère pas de celle des fourneaux ordinairement employés dans les usines traitant les minerais de plomb argentifères. Son intérieur est en briques ordinaires; le creuset est en brasque.

Après cet exposé rapide des appareils de l'usine Friedrichs-Hütte, nous décrirons brièvement le travail.

Les différentes qualités de minerais ne sont pas traitées toutes en même temps; ainsi, pendant quatre mois, on fond les minerais en morceaux (stufferz); puis, pendant deux mois, les matières plombeuses provenant de ce traitement, telles que les scories riches restées au-dessus du plomb, les fumées plombeuses, les mattes grillées, les débris de fourneaux (A). Ensuite on traite pendant deux mois le minerai en schlich, et pendant un mois les matières plombeuses qui en proviennent; et de nouveau, pendant deux mois, le schlich; pendant un mois, les résidus.

La durée des campagnes dépend des matières fondues:

Pour le stufferz, les campagnes sont de 6 à 8 jours;
pour le schlich, — d'environ 15 jours;
pour les résidus, — de 3 à 5 semaines.

Les minerais sont fondus directement dans les

demi-hauts-fourneaux avec des scories de forge, des scories riches de l'opération et de la fonte. Pour les fontes des matières plombeuses (A) on associe les mattes grillées, qui contiennent beaucoup d'oxyde de fer, avec les débris de fourneaux, les fonds de coupelles, les scories.

Composition des charges.

La composition des charges n'est pas la même pour le stufferz que pour le schlich. Les proportions les plus ordinaires sont les suivantes :

Stufferz.	100
Fonte en morceaux. .	12
Scories de forge. . .	14

Scories riches de l'opération en quantité un peu variable avec l'allure des fourneaux.

On fait en 24 heures 36 charges, contenant 6.600 kilog. de stufferz, rendant 65 p. o/o. On consomme 6.555 kilog. de houille. On lance par minute 14 mètres cubes d'air, à la pression de 2 centimètres de mercure. On obtient :

4.300 kil. de plomb,
1.650 kil. de matte,
2.000 kil. de scories riches.

Pour le schlich les matières sont dans les proportions :

Graben et Heerdschlich.	100
Scories de forge.	24
Scories anciennes. . . .	100
Fonte en grenailles. . .	7

Scories de l'opération en proportion un peu variable avec l'allure des fourneaux.

On passe, en 24 heures, 36 à 40 charges, contenant de 5.500 à 6.000 kilog. de schlich. On brûle un peu plus de 6.000 kilog. de houille. On lance la même quantité d'air que pour le stufferz. On obtient :

1.800 kil. de plomb,
1.375 kil. de matte,
3.000 kil. de scories riches.

Dans les fontes de résidus et matières plombeuses diverses la composition des charges varie beaucoup avec la nature et la proportion des différentes matières. Le lit de fusion est généralement très-pauvre en plomb ; la consommation de houille en 24 heures est toujours d'environ 6.000 kilog.

Les postes sont de 8 heures; la conduite d'un fourneau de réduction exige un fondeur et deux aides. Les ouvriers sont associés ensemble et reçoivent par quintal de plomb obtenu : Personnel.

$0^f,34$ dans le traitement du stufferz ;
$0^f,81$ dans celui du schlich.

Dans la fonte des matières plombeuses les ouvriers sont payés à la journée :

Le fondeur reçoit $1^f,50$
Les aides. . . . . $1^f,12$

pour un poste de 8 heures.

Nous n'avons pas à exposer ici le travail des ouvriers. Les coulées se font toutes les quatre heures ou toutes les six heures, suivant qu'on traite le stufferz ou le schlich ; deux fois seulement en 24 heures quand on fond les résidus.

Les mattes sont grillées en grands tas rectangulaires et fort allongés, contenant 55.000 kilog. Le grillage d'un tas dure six semaines. Cette quantité de mattes exige 12 mètres cubes de bois et 38.000 kil. de houille menue. Grillage des mattes.

Le plomb d'œuvre obtenu à l'usine est peu riche en argent; il est coupellé en deux opérations, dont la première a pour but d'obtenir un plomb très-pur et fort riche en argent : on traite en outre à Coupellation.

Friedrichs-Hütte du plomb d'œuvre plus riche provenant des hauts-fourneaux du pays qui traitent des minerais de fer zincifères; ce plomb est coupellé en une seule opération.

Coupellation pauvre.

Le fourneau de coupelle étant préparé et bien desséché, on range près du pont 8.000 kilog. de plomb d'œuvre, on met la voûte en place, on ferme toutes les ouvertures latérales, et on chauffe doucement; quand tout le plomb est fondu, on élève la température, on enlève les abstrichs qui se forment, et on ne commence à donner le vent que quand les abstrichs deviennent peu abondants. Les litharges qui se forment pendant les premières 24 heures du vent sont très-impures et sont fondues avec les matières plombeuse diverses (A); les litharges qui se produisent plus tard sont assez pures et vendues ou révivifiées. On arrête l'opération quand la quantité de plomb se trouve réduite à 540 ou 550 kilog.

Coupellation riche.

La seconde opération, ou coupellation définitive, est faite sur 8.000 kilog. de plomb enrichi. Elle marche très-rapidement et donne des litharges très-pures. Le produit est l'argent brut (blicksilber); il est soumis à un raffinage, qui consiste en une fusion lente dans une coupelle assez poreuse pour absorber la litharge qui se forme au contact de l'air.

La coupellation du plomb des hauts-fourneaux est faite également sur 8.000 kilog. Comme le plomb est très-pur, elle peut être conduite rapidement dès le principe; elle donne des litharges marchandes et de l'argent brut soumis au raffinage.

Personnel.

Le fourneau de coupelle exige deux ouvriers : un chauffeur et un homme chargé de l'enlèvement des litharges. Ils reçoivent $3^f,12$ et $3^f,75$

par poste de 12 heures. Le raffinage de l'argent est dirigé par un contre-maître.

Pour 55 quintaux métriques de plomb d'œuvre de l'usine on obtient : 2^k,89 d'argent fin, 34 quintaux de litharges marchandes et 14 quintaux de litharges à revivifier. La consommation de houille est évaluée à 22^k,65 par quintal de plomb.

La revivification des litharges impures n'offre aucune particularité. On fond en 24 heures plus de 19.000 kilog. de litharges, en brûlant 2.000 kilog. de houille. On obtient 89 p. 0/0 de plomb.

Nous donnerons la production, les dépenses et bénéfices de l'usine pour l'année 1844.

On a fondu, en 1844 :

	tonnes métriques.
Stufferz.	497,75
Grabenschlich. . . .	242,55
Heerdschlich.	79,20
Résidus divers. . . .	323,40
Anciennes scories. .	494,50
Total. . . .	1.637,40

On a obtenu : 507^t,375 de plomb d'œuvre; on a acheté aux usines à fer 4^t,455 de plomb ; il restait de l'année précédente 16^t,445 de plomb. On a coupellé en 1844 tous ces plombs, c'est-à-dire 528^t,275.

On en a obtenu :

	kil.	
Argent fin.	294,22	valant 106^f,42 le kil.
Argent brut (à raffiner).	18,10	(on ne lui donne pas de valeur.)
Plomb pauvre.	116.847 kil.	valant 0^f,486 le kil.
Litharges marchandes.	392.370 kil.	valant 0^f,545 le kil.
Litharges sauvages. . .	5.445 kil.	(on ne leur donne pas de valeur.)

	fr.
Les dépenses totales ont été de. . .	250.314,475
Les recettes de.	323.763,375
Par suite les bénéfices ont été de. .	73.448,500

NOTICE

sur la découverte du tantalite dans les environs de Limoges;

Par M. A. DAMOUR.

Les terrains de pegmatite des environs de Limoges, qui ont enrichi les collections minéralogiques d'un grand nombre de substances intéressantes et rares, ont procuré la découverte récente d'une espèce minérale dont le gisement se trouve encore restreint à un petit nombre de localités. Cette espèce est le *tantalite*. Elle a été rencontrée dans une carrière située près de Chanteloube, appartenant à M. Alluaud aîné, et recueillie par M. Mathieu, marchand de minéraux à Paris.

L'échantillon dont je vais décrire le caractère se trouvait confondu parmi des morceaux de wolfram, de triplite, d'hétérosite et de dufrénite que M. Mathieu avait rapportés du même endroit. Sa couleur, sa dureté, sa pesanteur excessive me donnèrent lieu de penser qu'il n'appartient à aucune des espèces précédentes. Un essai qualitatif me démontra effectivement qu'il était presque entièrement formé d'acide tantalique et d'oxyde de fer, avec un peu d'oxyde d'étain. Voici les principaux caractères que j'ai observés sur cet échantillon.

Il forme un noyau amorphe, de la grosseur d'une noisette, engagé dans un feldspath blanc-jaunâtre. Il est noir-bleuâtre terne à la surface, noir luisant et lisse dans la cassure fraîche. Sa poussière est d'un noir tirant sur le grisâtre.

Ce minéral raie facilement le verre. Sa densité cherchée à deux reprises différentes, et à la tem-

pérature de 15 degrés cent., a été trouvée égale à 7,640-7,651. Il est infusible à la flamme du chalumeau.

Réduit en poudre et mêlé avec du tartrate de potasse et du carbonate de soude, il fond sur le charbon et donne quelques globules d'étain.

Fondu avec le borax et le sel de phosphore, il donne la réaction du fer.

Les acides ne l'attaquent pas.

Analyse.

Le minéral réduit en poudre a été fondu avec huit fois son poids de bisulfate potassique, et la matière refroidie a été traitée par une grande quantité d'eau chaude. Les oxydes de fer et d'étain se sont, en presque totalité, dissous dans la liqueur: l'acide tantalique s'est déposé sous forme de poudre blanche. Cet acide retenait encore un peu d'oxyde de fer et d'étain. Il a été mis en digestion avec du sulfhydrate ammonique; l'oxyde de fer s'est ainsi converti en sulfure insoluble; le sulfure d'étain est resté dissous dans la liqueur ammoniacale sulfureuse. Cette liqueur a été filtrée et saturée d'acide acétique. Il s'est précipité du sulfure d'étain qui a été recueilli. L'acide tantalique noirci par le sulfure de fer a été traité par l'acide chlorhydrique. Le fer s'est dissous, et l'acide tantalique suffisamment lavé est devenu tout à fait blanc. Cet acide a été séché, rougi fortement et pesé.

Après avoir réuni les liqueurs ferrugineuses on les a traitées par un courant d'hydrogène sulfuré. Il s'est déposé un peu de sulfure d'étain.

La liqueur séparée du sulfure d'étain a été traitée par l'ammoniaque et le sulfhydrate ammonique. On a obtenu ainsi tout le fer à l'état de sulfure.

La liqueur séparée de ce sulfure ne contenait aucune base terreuse.

Le sulfure de fer a été dissous dans l'eau régale. La dissolution évaporée et la masse sèche reprise par l'eau a abandonné une faible quantité de silice. La liqueur ferrugineuse a été saturée d'ammoniaque caustique. La quantité d'oxyde ferrique qui s'est précipité a servi à évaluer la proportion de l'oxyde ferreux contenu dans le minéral.

$0^{g},8255$ de tantalite ont donné :

		En 10000es.	Oxygène.	Rapport.
Acide tantalique. .	0,6850	=0,8298	0,0958	3
Oxyde d'étain. . .	0,0100	=0,0121	»	»
Oxyde ferreux. . .	0,1207	=0,1462	0,0332	1
Oxyde manganeux.	traces.			
Silice.	0,0035	=0,0042	»	»
	0,8192	0,9923		

On voit que le rapport entre l'acide tantalique et l'oxyde ferreux est ici comme 1 : 3.

En admettant avec M. H. Rose que l'acide tantalique $\ddot{T}a$ soit isomorphe avec l'acide titanique $\ddot{T}i$, le tantalite de Limoges devrait être représenté par la formule : $\dot{F}^2 \ddot{T}^3$. Sa composition est analogue à celle du tantalite de Tamela en Finlande.

L'acide tantalique qui fait partie de ce minéral est présenté ici comme étant entièrement pur. Il pourrait cependant contenir une petite quantité des acides niobique et pélopique recemment découverts par M. Rose dans les minerais tantalifères de Bavière et d'Amérique. Je ferai remarquer toutefois que la densité de ces minerais est bien inférieure à celle du tantalite de Limoges ; elle est de 6,390-6,078-5,976 pour les tantalites de Ba-

vière; de 5,708, 5,495 pour le tantalite d'Amérique. Celui de Taméla, que M. Rose considère comme contenant l'acide tantalique pur, a pour densité : 7,197-7,476-7,510. Cette densité se rapproche de celle du tantalite de Limoges. Il est donc probable que l'acide tantalique du minerai de Limoges est aussi pur que celui du minerai de Tamela.

L'échantillon qui a servi à cette étude était le seul que M. Mathieu eût pu recueillir sur place. M. Alluaud, à qui j'ai cru devoir communiquer les résultats de mon analyse, a eu l'extrême obligeance de m'adresser deux autres échantillons qu'il avait lui-même recueillis depuis quelque temps dans les carrières dépendant de ses propriétés, aux environs de Chanteloube, et qui présentent une identité complète avec le tantalite que je viens de décrire. M. Alluaud présumait, d'après leurs caractères extérieurs, qu'ils devaient appartenir à cette espèce minérale. Les morceaux qu'il a trouvés sont de la grosseur d'une noisette, au plus, et disséminés dans l'albite grenue (weisstein, leptinite).

L'existence de cette espèce dans les terrains des environs de Chanteloube se trouve ainsi parfaitement confirmée.

A l'occasion du gisement de cette substance, je dois rappeler l'excellent mémoire de M. Alluaud (Annales des sciences naturelles, t. VIII, juillet 1826) sur les minéraux et sur la constitution géologique des terrains granitiques du département de la Haute-Vienne.

NOTA. Un autre minéral tantalifère m'a été remis plus récemment par M. Alluaud. Ce minéral, qui présente tous les caractères de la *baïerine*, se trouve au même lieu que le précédent : je le ferai connaître prochainement.

NOTICE

*Sur un nouveau phosphate de fer, de manganèse et de soude, l'*ALLUAUDITE*, trouvé dans le département de la Haute-Vienne ;*

Par M. A. DAMOUR.

Cette substance a été récemment trouvée dans les pegmatites de Chanteloube, près Limoges, et recueillie par M. Mathieu, marchand de minéraux, qui m'a prié d'en faire l'examen. Ses caractères physiques, ses réactions au chalumeau et avec les acides m'ont donné lieu de présumer qu'elle constituait une espèce distincte.

Elle a été trouvée sur place, formant un nid d'environ 3 décimètres cubes, engagé dans la pegmatite. Vue en masse, sa couleur est le brun de girofle. Sa cassure est lamelleuse et miroitante, et dans certaines parties qui semblent avoir subi quelque altération, chatoyante à la manière de l'hypersthène. Elle présente trois clivages rectangulaires entre eux. Deux de ces clivages s'obtiennent facilement ; le premier, mieux que le second : le troisième est moins net, et c'est par approximation seulement que j'ai pu déterminer son incidence. Cette structure autorise à supposer que le minéral cristallise en prisme rectangulaire droit. Certains échantillons se divisent en fragments à surfaces lisses qui semblent dues à une agglomération de cristaux accolés et gênés dans leur développement.

Réduit en fragments minces, et examiné à la

lueur d'une bougie, le minéral offre, sur ses bords seulement, une légère transparence et une couleur rouge-brunâtre.

Il raie la chaux fluatée et est rayé par une pointe d'acier. Sa poussière est jaune-brunâtre.

Sa pesanteur spécifique a été prise sur une quantité pesant 2 grammes, réduite en fragments de la grosseur d'une tête d'épingle. Je l'ai trouvée égale à 3,468.

Les échantillons un peu volumineux de cette substance paraissent contenir, par places, des mélanges accidentels d'oxyde ferrique et d'oxyde noir de manganèse. Ils sont quelquefois associés au fer phosphaté vert (Dufrénite) et au fer phosphaté bleu.

A la flamme du chalumeau, sur la pince de platine, ce minéral fond très-facilement et avec bouillonnement, en un globule noir, non magnétique.

Au feu d'oxydation, il se dissout complétement dans le sel de phosphore et donne la réaction du manganèse.

Chauffé dans le matras, il décrépite et dégage une petite quantité d'eau neutre.

Réduit en poudre fine il se laisse facilement dissoudre, à froid, par l'acide chlorhydrique. La dissolution prend d'abord une teinte noire et dégage du chlore. Si l'on élève la température jusqu'à 60 degrés, la liqueur s'éclaircit et reste colorée en jaune-brun.

L'acide sulfurique étendu de quatre fois son volume d'eau ne l'attaque pas à froid. A 100 degrés, la matière se dissout lentement et la liqueur se colore en rouge-violâtre. Cette coloration en rouge, indice de la présence d'une certaine pro-

portion de manganèse à un degré d'oxydation supérieur à celui de l'oxyde manganeux, ne se manifeste pas si l'on opère sur les parties chatoyantes des échantillons.

L'acide nitrique ordinaire l'attaque avec difficulté et seulement par suite d'une longue digestion à la température de 60 degrés, sans aucun dégagement de gaz nitreux. Une petite quantité de la matière reste indissoute et se dépose sous forme de poudre brune foncée.

L'acide oxalique le dissout complétement à l'aide de la chaleur. La liqueur acide reste colorée en vert pâle; au bout de quelques jours, et par suite de l'évaporation spontanée, elle laisse déposer des cristaux grenus d'oxalate manganeux et d'oxalate ferrique.

Chauffée à 100 degrés dans une dissolution de potasse caustique, la poudre du minéral devient noire. Elle est ainsi décomposée partiellement et cède à l'alcali le quart de l'acide phosphorique qu'elle contenait. 1g,0000 du minéral renfermant 0g,4118 d'acide phosphorique a cédé à la potasse 0g,1052 de cet acide.

Une analyse qualitative me permit de reconnaître que le minéral est essentiellement formé d'oxyde de fer, d'oxyde de manganèse et de soude unis à l'acide phosphorique et à une petite quantité d'eau.

Il était essentiel de déterminer à quels degrés d'oxydation le fer et le manganèse existent dans ce minéral. J'ai exposé plus haut, que cette substance attaquée par l'acide chlorhydrique laissait dégager du chlore. Ce dégagement de chlore, qui s'est montré constant sur les échantillons non altérés que j'ai pu soumettre à l'essai, me semble indi-

quer : 1° que le manganèse ou du moins une partie de ce métal est ici à un degré d'oxydation supérieur à celui d'oxyde manganeux ; 2° que le fer contenu dans la dissolution est à l'état d'oxyde ferrique. Ainsi le minéral doit contenir une proportion d'oxygène plus que suffisante pour constituer le fer à l'état d'oxyde ferrique, $\dddot{F}$, et le manganèse à l'état d'oxyde manganeux $\dot{M}n$. Pour déterminer la proportion d'oxygène excédant j'ai employé le procédé de M. Ebelmen décrit dans les Annales des mines, 3° série, t. XII, p. 607.

Dans une première expérience, 0g,9240 du minéral ont dégagé une proportion de chlore qui, réagissant sur l'eau, l'acide sulfureux et le chlorure de baryum, a produit 0g,0500 de sulfate barytique. Un gramme du minéral aurait ainsi produit 0g,0541 de sulfate barytique correspondant à 0g,0036 d'oxygène.

Dans une seconde expérience, 2g,1135 du minéral ont donné : sulfate de baryte = 0g,0970.

Un gramme aurait donné : sulfate de baryte = 0g,0459 correspondant à 0g,0031 d'oxygène.

Pour se rendre compte du rôle que peut jouer cette faible quantité d'oxygène dégagé, il est nécessaire de connaître exactement la proportion des oxydes de fer et de manganèse qui font partie du minéral.

La détermination de ces oxydes et de l'acide phosphorique a été obtenue par le procédé suivant :

La matière finement pulvérisée et séchée à 70 degrés a été fondue, dans un creuset de platine, avec du carbonate de potasse. La masse rendue a été traitée par l'eau chaude et la dissolution

renfermant l'acide phosphorique avec l'excès d'alcali a été filtrée. Les oxydes de fer et de manganèse restés sur le filtre ont été dissous dans l'acide chlorhydrique et l'oxyde ferrique séparé au moyen d'une dissolution de carbonate de soude versée goutte à goutte dans la liqueur ferrugineuse chauffée à 80 degrés. Cet oxyde renfermait encore une petite quantité d'acide phosphorique. On l'a purifié en le dissolvant dans l'acide chlorhydrique et en le précipitant à l'état de sulfure, au moyen du sulfhydrate ammonique. Le sulfure a été traité par l'eau régale et le fer précipité à l'état d'oxyde ferrique. La liqueur sulfureuse retenant l'acide phosphorique a été chauffée pour chasser le sulfhydrate ammonique et réunie à la liqueur alcaline qui renfermait la majeure partie de l'acide phosphorique.

L'oxyde de manganèse dissous dans la liqueur séparée de l'oxyde de fer a été précipité par le carbonate de potasse ajouté en excès, puis chauffé dans un courant d'hydrogène pour être dosé à l'état d'oxyde manganeux.

La liqueur alcaline contenant l'acide phosphorique a été saturée d'acide chlorhydrique, évaporée à siccité et le résidu repris par l'eau. Il s'est séparé ainsi une faible quantité de silice. L'acide phosphorique a été dosé ensuite à l'état de sous-phosphate ferrique, au moyen d'une quantité déterminée d'oxyde ferrique ajoutée à la dissolution et précipitée suivant la méthode de M. Berthier.

La soude a été déterminée en dissolvant le minéral dans l'acide chlorhydrique, saturant la liqueur acide par l'ammoniaque et séparant la liqueur ammoniacale des phosphates de fer et de manganèse qui se sont précipités. Cette liqueur

alcaline a été évaporée à siccité, le résidu sec, chauffé au rouge dans un creuset de platine. Les sels ammoniques se sont volatilisés. Il est resté un phosphate de soude soluble dans l'eau. Ce sel a été décomposé par l'acétate plombique ajouté en excès. Il s'est précipité du phosphate plombique. La liqueur séparée de ce phosphate a été saturée par le carbonate ammoniacal. L'oxyde plombique excédant a été ainsi précipité et la liqueur filtrée étant évaporée à siccité a laissé un résidu d'acétate sodique qui, calciné, s'est converti en carbonate sodique. Ce dernier sel a été transformé en chlorure dont le poids a servi à déterminer la proportion de la soude. Ce chlorure dissous dans l'eau et traité par le chlorure platinique a donné un précipité impondérable indiquant des traces de potasse. Par l'effet de l'évaporation spontanée il a cristallisé en cubes très-nets.

L'eau a été dosée séparément en chauffant le minéral au rouge, dans un creuset de platine. La perte qu'il a subie a été considérée comme représentant la proportion de l'eau dégagée.

Les résultats obtenus par ces différentes analyses sont représentés sur le tableau suivant : ils sont évalués en 10.000es.

	1re analyse.	2e analyse.	3e analyse.	4e analyse.	5e analyse.	6e analyse.	Moyenne.
Acide phosphorique. .	0,4132	0,4118	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	0,4125
Oxyde ferrique. . . .	0,2565	0,2560	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	0,2562
Oxyde manganeux. .	0,2327	0,2436	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	0,2381
Oxygène.	. . . .	. . . .	0,0036	0,0031	. . . .	. . . .	0,0033
Soude et traces de potasse.	. . . .	. . . .	0,0547	. . . .	. . . .	. . . .	0,0547
Eau.	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	0,0267	0,0270	0,0265
Silice.	0,0062	0,0058	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	0,0060
							0,9973

On voit maintenant que les 0g,0033 d'oxygène qui figurent à part, à la suite de l'oxyde manganeux, seraient bien insuffisants pour amener à un degré d'oxydation supérieur à celui d'oxyde manganeux, la totalité du manganèse contenu dans le minéral. Cet excédant d'oxygène doit, à mon avis, être attribué à un mélange accidentel de peroxyde de manganèse réparti, en faible quantité, dans la masse du minéral. Ces mélanges se montrent d'ailleurs fréquemment sur les minerais manganésifères. L'analyse peut donc être présentée ainsi qu'il suit :

			Oxygène.	Rapp.
Acide phosphorique. . .	0,4125		0,2311	10
Oxyde ferrique.	0,2562		0,0785	3
Oxyde manganeux. . .	0,2308	0,0518	0,0658	3
Soude.	0,0547	0,0140		
Eau.	0,0265		0,0235	1
Silice.	0,0060			
Peroxyde de manganèse.	0,0106			
	0,9973			

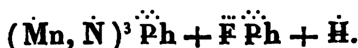
On pourrait, à la vérité, supposer aussi que l'oxyde de fer contenu dans le minéral est à l'état d'oxyde ferreux ; dans ce cas, le manganèse devrait être à l'état d'oxyde manganique $\dddot{Mn}$. On aurait ainsi un phosphate ferreux et sodique $(\dot{F}, \dot{N})^3 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}h$ uni à un phosphate manganique $\dddot{Mn} \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}h$; mais cette dernière combinaison est bien peu probable. On sait que les sels à base d'oxyde manganique $\dddot{Mn}$ sont difficiles à obtenir et peu stables, surtout en présence des sels ferreux ; tandis que les sels ferriques et notamment les phosphates de cette base

sont bien déterminés et se conservent sans altération.

En admettant ainsi que, dans ce minéral, le fer soit à l'état d'oxyde ferrique et le manganèse à l'état d'oxyde manganeux : si l'on réunit l'oxygène de la soude à l'oxygène de l'oxyde manganeux, on observera entre les bases et l'acide phosphorique les rapports suivants :

1 : 3 : 3 : 10.

On pourra donc établir la formule :



$$(\dot{Mn}, \dot{N})^3 \overset{.....}{Ph} + \overset{...}{\bar{F}} \overset{.....}{Ph} + \dot{\bar{H}}.$$

Calculant la composition du minéral d'après cette formule, on trouve :

		En 10000es.
2 atomes d'acide phosphorique.	178456 =	0,4262
1 at. d'oxyde ferrique.	97841 =	0,2338
2 1/2 at. d'oxyde manganeux. .	111472 =	0,2663
1/2 at. de soude.	19545 =	0,0467
1 at. d'eau.	11248 =	0,0269
	418562	1,0000

Ces nombres se rapprochent sensiblement de ceux que l'analyse m'a fournis. La proportion d'oxyde ferrique que j'ai obtenue est un peu plus forte ; il semble assez naturel d'attribuer cet excédant à un mélange d'oxyde ferrique.

Ce minéral serait donc un phosphate de peroxyde de fer, de protoxyde de manganèse et de soude renfermant un atome d'eau. Les substances qui s'en rapprochent le plus par leur composition et leur gisement sont : la *triplite*, l'*hétérosite*, la *triphylline*, l'*eisen-apatite* et le *pseudo-triplite* récemment découvert en Bavière. Sans recourir

à l'analyse, la triphylline et l'hétérosite se distinguent aisément du nouveau minéral par leur couleur : la première est gris-bleuâtre clair ; la seconde est d'un violet foncé. L'eisen-apatite ne présente ni le chatoiement ni la dureté du nouveau minéral. Elle ne dégage pas d'eau dans le tube, et elle contient de l'acide fluorique.

La triplite offre, dans sa cassure, un éclat gras et vitreux. Le nouveau minéral présente une cassure lamelleuse, mais terne, et des clivages très-apparents.

La poussière de la triplite est grise ; celle du nouveau minéral est brune.

La triplite fondue à la flamme du chalumeau donne un globule magnétique ; le nouveau minéral fournit un globule non magnétique.

La triplite se dissout même à froid, dans l'acide sulfurique étendu de quatre fois son volume d'eau ; la dissolution présente une teinte vert pâle. Exposée à la chaleur, elle ne subit aucun changement.

Le nouveau minéral ne se dissout pas dans le même acide étendu d'eau, tant que la liqueur reste froide. Par l'effet de la chaleur, la dissolution s'opère lentement et la liqueur se colore en rouge violacé.

La triplite se dissout aisément dans l'acide nitrique, en laissant quelquefois un faible résidu d'oxyde noir de manganèse. Le nouveau minéral n'est attaqué par cet acide qu'à l'aide d'une longue digestion à chaud : une quantité notable de matière reste sans se dissoudre.

Le pseudo-triplite dont je viens de lire la description dans le recueil d'analyses par M. Rammelsberg (3e supplément, 1847) offre la composition suivante, suivant M. Delff :

			Oxygène.	Rapp.
Acide phosphorique. . .	0,3571		0,2000	10
Oxyde ferrique.	0,5100	0,1530	0,1770	9
Oxyde manganique. . .	0,0807	0,0240		
Eau.	0,0452		0,0400	2
Résidu insoluble. . . .	0,0070			
	1,0000			

M. Delff lui donne pour formule :



$$(\dddot{F}, \dddot{M}n)^3 \overset{..}{\dot{P}}h^2 + 2\dot{H}$$

Cette substance trouvée à Bodenmais, en Bavière, présente, comme on le voit, une composition notablement différente de celle du minéral du département de la Haute-Vienne.

D'après les caractères que j'ai exposés ci-dessus je pense que le phosphate de fer, de manganèse et de soude des environs de Chanteloube doit être classé comme espèce distincte; je propose de lui donner le nom d'*alluaudite*, comme hommage à Alluaud, honorablement connu dans les sciences et dans les arts par de bons et utiles travaux.

MÉMOIRE

Sur les relations des roches trappéennes avec les minerais de cuivre et de fer, et sur l'assimilation des schalstein du Dillenburg, des blatterstein du Harz, et des gabbro e la Toscane;

Par M. AMÉDÉE BURAT.

Sous la dénomination de roches trappéennes, nous comprenons les silicates à bases isomorphes de magnésie, chaux et protoxyde de fer; les roches de couleurs sombres, vertes ou noirâtres, généralement peu cristallines, désignées sous les noms de grunstein, mandelstein, amphibolites, diorites, amygdaloïdes, spilites, variolites, euphotides et serpentines (1), formant des groupes éruptifs nettement caractérisés.

Sous le rapport de la composition, ces roches, bien moins silicatées que les roches quartzo-feldspathiques qui les ont précédées ou suivies, ne nous présentent l'alumine qu'en faible proportion, soit comme substance accidentelle, soit dans les euphotides, variolites, diorites ou mélaphyres labradoriques qui s'y trouvent en masses subordonnées vers les contacts des groupes d'éruption. La

(1) Nous n'entendons pas comprendre dans la série des roches trappéennes toutes les roches qui portent ces dénominations; les diorites, par exemple, appartiennent au groupe feldspathique; mais dans certaines contrées, notamment au Harz, on a appliqué ces noms à des roches évidemment trappéennes.

composition trappéenne est mise en évidence par les couleurs foncées, vertes et noires, de ces roches contrastant avec tout ce qui les entoure; les altérations superficielles y signalent le fer par le développement des teintes ocreuses, et, lorsque le fer est en faible proportion, comme dans les serpentines, la résistance à la décomposition et la persistance des caractères minéralogiques deviennent encore un caractère spécial, alors que toutes les roches voisines subissent les influences de décomposition.

Les roches trappéennes se distinguent par leurs caractères d'homogénéité; on peut parcourir pendant deux heures entières les surfaces des serpentines de l'Italie, des grunstein de l'Allemagne, sans trouver aucune substance cristallisée et de composition bien définie. Le diallage, la stéatite, l'amphibole, le pyroxène et l'yénite sont les seuls minéraux cristallins dont la présence soit normale, tous les autres sont rares et rejetés vers les contacts. Ainsi les spilites et amygdaloïdes à noyaux de zéolites ou de spath calcaire ne se trouvent que sur les bords des accumulations trappéennes, où ils constituent souvent des collines et des pitons particuliers, de même que les euphotides et les mélaphyres. Comparativement aux roches porphyriques, on ne peut manquer d'être frappé de l'absence du quartz; les quartz fibreux de l'Italie sont des raretés ; les agates et les quartz résinites d'Oberstein, etc., appartiennent à des roches de contact. La rareté du feldspath, qui jusque-là avait été avec le quartz le principe dominant des roches éruptives, n'est pas un fait moins intéressant, et il est à remarquer que les jades et labradors, qui sont les seuls feld-

spaths accidentels dans les groupes trappéens, sont les moins silicatés de cette famille minérale.

Quelques substances rares, telles que l'apophyllite, la datholite, la prehnite, etc., se trouvent dans certains groupes trappéens, très-distants les uns des autres, avec une parité remarquable dans les circonstances de leur gisement. Ces minéraux se trouvent, par exemple, en petits filons contemporains et en géodes cristallines :

1° Dans les trapps de Kewena-Point et des bords méridionaux du lac Supérieur (Amérique du Nord);

2° Dans les trapps de l'Indoustan, à Pounah, etc. (Asie);

3° Dans les grunstein du Hartz, à Andreasberg, etc. (Europe).

En étudiant les collections, on ne peut manquer d'être frappé des identités que présentent les échantillons trappéens de provenances si éloignées. Si maintenant nous étudions les relations des roches trappéennes avec les minerais de cuivre et de fer, nous trouverons des identités bien plus remarquables et plus importantes, dans la nature des minerais et les circonstances de leur gisement.

Les gîtes métallifères, autres que les filons-fentes, sont presque toujours en relation avec des roches éruptives, relation de contact, de voisinage et de parallélisme, et dans certains cas de pénétration mutuelle; de telle sorte qu'il existe réellement des minerais dont l'origine est éruptive. Les faits relatifs à ces relations de minerais sont tellement nombreux qu'il en résulte une véritable loi de gisement, et si l'on vient à signaler des gîtes métallifères dans une contrée, rien n'est plus rationnel que de poser immédiatement ces ques-

tions : Quelles sont les roches éruptives auxquelles les minerais sont subordonnés? Quelles sont les particularités de leurs relations?

Dans un travail précédent (Études sur les mines, 1844) nous avons exposé les caractères éminemment métallifères des terrains serpentineux de la Toscane, rapportant à ces roches les nombreux gîtes cuprifères et ferrifères de la contrée. Dans celui-ci nous nous proposons d'établir que ces relations ne sont pas exceptionnelles, que plusieurs groupes trappéens présentent des analogies avec ceux de la Toscane par la nature des roches de contact, et par les minerais de cuivre et de fer qui leur sont liés. Rappelons d'abord en quelques mots les conditions générales du gisement des serpentines de la Toscane et des minerais subordonnés.

Les serpentines forment depuis Savone, dans le golfe de Gênes, jusqu'au delà du Monte-Argentario, les principaux traits de l'accidentation d'une chaîne littorale qui traverse ainsi les territoires de Gênes, du Modenais, de Lucques et de la Toscane ; cette chaîne est désignée, sur la plus grande partie de son parcours, sous la dénomination de chaîne métallifère. Les caractères des serpentines sont éminemment éruptifs dans la composition et les formes des masses, et surtout par les circonstances de soulèvement et d'altération qu'elles ont déterminées dans les roches traversées. Les roches de contact, désignées sous la dénomination générale de *gabbro*, peuvent être divisées et deux catégories distinctes, les *gabbro verts* et les *gabbro rouges*.

Les gabbro rouges sont en quelque sorte les premières roches de contact qui aient été remarquées

et signalées comme métamorphiques. Leur couleur rouge, due à une quantité considérable de fer oligiste terreux dont elles sont surchargées contraste avec les couleurs habituelles des formations sédimentaires de la contrée et avec les serpentines elles-mêmes. Il n'y a aucune trace de stratification dans le véritable gabbro-rosso; la structure en est souvent bréchiforme, et l'on distingue des fragments verts stéatiteux parmi les fragments rouges qui dominent; souvent on y trouve du pyroxène et du spath calcaire.

Ces caractères des gabbro, analogues à ceux des spilites, laissent l'esprit indécis sur leur origine; lorsqu'on les voit constituer des pitons isolés, de formes analogues à celles des pitons serpentineux, on est tenté de les supposer éruptifs; mais, d'autre part, ils se lient à des roches schisteuses évidemment stratifiées (*galestri* et *mattoni*), et de plus on ne peut manquer d'être frappé de ce fait, que la *condition de leur existence* est le contact des masses serpentineuses auxquelles ils sont toujours subordonnés. En examinant de loin certains massifs soulevés dont les flancs ont été dénudés, l'œil saisit avec assez de précision, d'après le mouvement des masses rocheuses et leur structure en grand, quelles sont les lignes de séparation des roches soulevantes et des roches soulevées. En s'approchant ensuite, on reconnaît que les lignes de contact ainsi pressenties laissent toujours les gabbro avec les roches stratifiées.

L'étude des gabbro verts confirme cette classification du gabbro-rosso dans les roches de contact. La serpentine présente, en effet, des caractères physiques tellement contrastants avec le

gabbro-rosso, que l'esprit admet difficilement cette dernière roche comme dérivant de la première; le gabbro vert établit le passage. Cette roche est, en effet, stéatiteuse comme les serpentines auxquelles elle est quelquefois soudée, aussi bien qu'à des roches schisteuses évidemment stratifiées. En même temps elle passe aussi au gabbro-rosso, en se bariolant de parties rouges sporadiques, puis se chargeant de peroxyde de fer d'une manière générale. Il nous est donc resté démontré que le gabbro-rosso n'était qu'un gabbro vert, de contact, qui avait subi des influences particulières, influences dont le résultat a été de surcharger la roche de fer oligiste, en la rendant parfois plus dure et plus cristalline.

Les minerais de cuivre et de fer qui forment le trait caractéristique de la chaîne métallifère sont, soit en quelque sorte parqués dans ces roches de contact, soit disséminés dans des amphibolites éruptives qui sont elles-mêmes liées aux serpentines. Ainsi les filons stéatiteux qui, le plus souvent, séparent les gabbro verts et rouges des masses serpentineuses, qui parcourent d'autres fois ces gabbro parallèlement aux courbes de contact et semblent y accuser des clivages de stratification, nous ont paru devoir être les minerais dont ils sont pénétrés, émanations qui auraient immédiatement suivi les éruptions serpentineuses. Les amphibolites cuprifères et plombifères de Campiglia sont des résultats différents d'actions analogues, isolées des serpentines, mais qui leur sont contemporaines. Parmi les minerais de fer, le célèbre gîte de Rio, dans l'île d'Elbe, nous a paru un gîte de contact placé entre les gabbros et les roches moins altérées, mais subordonné aux masses serpentineuses de Sainte-Cathe-

rine; tandis que le gîte éruptif de la Calamita, avec ses yénites et ses amphibolites, était comme les gîtes de Campiglia un produit plus direct de l'action souterraine. Enfin nous venons d'indiquer que nous considérions le fer oligiste, dont les gabbros et les terrains stratifiés sont si souvent imbibés vers les contacts serpentineux, comme résultant des mêmes émanations métallifères.

Tels sont les faits que nous avons développés avec détail dans les Études sur les mines; cherchons maintenant des faits analogues.

Les gîtes cuprifères de Santiago de Cuba prennent une importance remarquable : en 1846, il a été expédié de ce port, pour le pays de Galles, 40.000 tonneaux de minerais de cuivre, au titre moyen de 16 p. o/o, c'est-à-dire plus de 6.000 tonnes de cuivre. Cette énorme production a complétement éclipsé les exportations du Chili et de la Bolivie, dont les minerais ne figurent plus à Swansea que dans des proportions secondaires. Des gîtes aussi développés méritent toute l'attention des géologues, et nous devons à M. Arrieta des notions intéressantes sur les mines principales et les roches qui les encaissent. Il résulte de cette communication, appuyée par de nombreux échantillons, que les gîtes seraient irréguliers et subordonnés à des masses de grunstein et de serpentines.

Les principales exploitations sont situées à 6 lieues de Santiago de Cuba, autour de la petite ville de Cobre, bâtie pour le service des mines, et qui compte déjà cinq à six mille habitants. Le pays est fortement accidenté, et le transport des minerais à la mer était très-coûteux avant l'établissement du chemin de fer qui suit la vallée

du Rio-del-Cobre, et qui détermina l'impulsion donnée aux travaux souterrains.

Les pitons et les crêtes sont principalement composés de grunstein et de serpentines dont les émissions ont soulevé et modifié des terrains argilo-schisteux d'un âge inconnu. Les roches de contact offrent des altérations métamorphiques très-prononcées et qui rappellent toutes les apparences des gabbro verts ou bariolés de rouge : les échantillons rapportés par M. Arrieta permettent d'établir des passages très-ménagés des strates argileux aux grunstein et aux serpentines. Les gîtes cuprifères accumulés auprès de Cobre sont enclavés dans des argiles schisteuses vertes, dont la nature stéatiteuse indique le voisinage des roches éruptives, et qui sont très-abondamment pénétrées de fer sulfuré cristallin.

Ces gîtes paraissent être des gîtes irréguliers de contact insérés suivant la stratification des couches soulevées. La manière dont sont disposées les *pertinencias* (concessions) annonce tout d'abord cette accumulation qui caractérise souvent les gîtes irréguliers, car toutes les principales mines sont concentrées dans un rectangle de 1.200 mètres sur 600, et non disposées en lignes comme lorsqu'il s'agit de véritables filons.

Parmi ces gîtes, celui d'Isabelita présente des formes bien définies et assez expressives. C'est une espèce de cheminée, dont la section est celle d'une moitié d'ellipse; elle est placée suivant l'inclinaison des schistes stéatiteux, relevés par les grunsteins. La base linéaire de la section forme le mur du gîte; elle a une longueur variable de $3^m,50$ à 7 mètres; la hauteur varie de 2 mètres à 4 mètres. La section totale du gîte varie ainsi de 6 mètres

carrés à 18, et dans le courant de l'année 1846 l'exploitation arrivée à 180 mètres de profondeur poursuivait le gîte à son maximum de section, gîte qui, suivant l'expression des mineurs, s'enfonçait comme un clou dans le sol, et semblait accroître en profondeur.

Les gangues qui remplissent le gîte concurremment avec les matières stéatiteuses qui semblent empruntées aux roches encaissantes sont le quartz cristallin, la dolomie et la chaux carbonatée. Ces gangues, souvent pures, forment des magmas cristallins mélangés à la pyrite cuivreuse qui est le minerai normal; elles sont souvent éliminées par les gangues argileuses qui sont pénétrées par des cristaux de pyrite de fer, plutôt que par la pyrite cuivreuse. Enfin des hydroxydes de fer, pénétrés de cuivre natif et oxydé, jouent parfois un rôle assez important dans le remplissage. Les gîtes de Blanca, Arrieta, etc., paraissent dans des conditions analogues sous le rapport du gisement, et identiques sous les rapports de la composition.

La reprise des mines de Cuba date de 1833; elle est due à l'initiative de compagnies anglaises, parmi lesquelles celle de Cobre a consacré à ses travaux un capital de 10 millions. Parmi les indices qui ont attiré les compagnies anglaises dans ces exploitations, qui sont en réalité moins prospères qu'importantes par leur production, on doit sans doute mettre en première ligne les traces de travaux anciens et la tradition qui signalait Cobre comme fournissant autrefois le cuivre aux indigènes et l'ayant même fourni pendant les premiers temps de l'occupation aux *conquistadores*. Ce sont là des faits qui eussent agi sur tous les esprits; mais aucun n'eut autant de valeur aux

yeux des explorateurs anglais, que l'existence de nombreuses crêtes d'affleurements composés de *gossan*. Les premiers capitaines de mines venus du Cornwall à Santiago-de-Cuba, et entre autres le capitaine Reynolds, ne pouvaient trouver d'expressions trop énergiques pour exprimer leur admiration à la vue de ces masses de gossan, identiques aux affleurements du Cornwall, mais d'une puissance bien supérieure. Le cuivre natif, oxydulé et peroxydé noir, qui fut trouvé dans les gossans, confirma cette première opinion, et l'on n'hésita pas à attaquer l'exploitation sur une échelle vaste et dispendieuse. C'est ainsi que les praticiens de chaque pays mettent en première ligne les indices reconnus dans leur district; certes ces chapeaux de fer eussent été appréciés par d'autres, mais ils n'auraient pas déterminé chez eux un entraînement aussi décisif.

Les travaux continués depuis quinze années avec une activité croissante ont mis en évidence des enseignements précieux qui prouvent combien il y a d'unité dans les lois qui régissent le gisement, l'allure et la composition des gîtes métallifères. Sous le rapport géognostique, nous retrouvons là les gîtes de contact et l'influence des roches trappéennes. Sous le rapport de la composition, nous trouvons les minerais sulfurés normaux en profondeur, mais transformés vers la surface de manière à changer complétement l'apparence des gîtes : les sulfures de fer ont, en se décomposant, bariolé de teintes ocreuses toutes les gangues et quelquefois les roches, en donnant naissance aux gossans si caractéristiques; les minerais de cuivre sont transformés soit à l'état d'oxydules, parmi lesquelles se retrouvent les variétés cubiques et capil-

laires, soit à l'état du cuivre natif dont on a cité des concentrations en masses de plusieurs quintaux.

A cet exemple de gîtes de cuivre liés aux roches trappéennes de Cuba, nous en ajouterons un second pris dans l'Amérique du Nord.

La région qui forme les bords du lac Supérieur, dans la partie Sud-Ouest et Nord-Ouest, paraît devoir prendre un rang important dans l'exploitation des minerais de cuivre. Cette région est principalement formée de trapps qui ont soulevé et traversé des psammites dont l'âge est encore incertain, et que M. Jackson a rapportés au vieux grès rouge. Kewena-Point, qui forme un cap très-saillant sur les bords méridionaux du lac, est la partie la plus étudiée de cette région encore peu habitée; M. Jackson, qui l'a étudiée, signale le cuivre natif comme remplissant les cavités d'un trapp amygdaloïde disposé en dykes très-épais.

Parmi les caractères particuliers du trapp métallifère, M. Jackson cite l'existence de veines de datholite qui le sillonnent et contiennent du cuivre métallique en écaille, de la prehnite qui est dans le même cas; enfin de l'analcime, de la laumonite et du spath calcaire. Le cuivre de ces trapps est argentifère, et l'argent pur s'isole en petites veines et petits nodules cristallins dans un cuivre contenant de $\frac{1}{1000}$ à $\frac{3}{1000}$. Cette localité a été visitée en 1846 par M. de Verneuil; il y a trouvé une grande activité d'exploitation, et en a rapporté des échantillons intéressants qui confirment la description de M. Jackson et paraissent en effet subordonner les minerais de cuivre aux roches trappéennes.

Ici comme à Cuba, la connaissance des gîtes était antérieure à la colonisation européenne, et les sauvages du Canada recueillaient depuis long-

temps, parmi les alluvions des ruisseaux, de véritables galets de cuivre natif enlevés aux affleurements par les eaux courantes. Ces précieux indices, longtemps négligés à cause des difficultés que présente le parcours du pays, ont enfin été appréciés; une colonie de mineurs s'est disséminée dans de nombreuses concessions, et le petit village de Kewena-Point, devenu le centre de ce mouvement, possède déjà un journal hebdomadaire principalement consacré aux explorateurs et aux exploitants.

Les gîtes du lac Supérieur s'étendent sur un très-vaste périmètre, puisqu'ils sont également l'objet de travaux sur les rives Nord-Ouest qui appartiennent au Canada. Leurs formes ne peuvent pas encore être considérées comme définies, car la description de M. Jackson ne s'applique qu'à quelques points spéciaux, son extension à toute la région métallifère serait en dehors des faits probables indiqués par les analogies : M. de Verneuil est revenu avec l'idée que ces minerais se trouvaient principalement dans des filons qui traversent à la fois les trapps et les grès soulevés. Ces filons seraient composés de quartz, de spath calcaire, de prehnite et de laumonite contenant du cuivre natif en lames, en dendrites cristallines, en plaquettes, enfin en rognons lenticulaires quelquefois tellement considérables que dans l'exploitation d'un de ces filons il a fallu faire construire un outillage spécial pour pouvoir entamer et débiter le cuivre en fragments transportables.

Nous ne pouvons donc savoir encore si ces minerais sont contemporains des masses trappéennes, ou postérieurs; mais ce qui est hors de doute c'est qu'ils sont intimement liés à la sortie de ces

roches et qu'ils constituent un exemple de plus, acquis à la science, en faveur des relations que nous avons indiquées.

Cette extension des relations géognostiques entre les gîtes exclusivement cuprifères et les roches trappéennes, donne quelque importance à une étude plus détaillée que nous avons eu occasion de faire sur les minerais de cuivre et les trapps du Dillenburg. Nous trouverons en effet, entre les filons de ce pays caractérisés par la pyrite cuivreuse et les grunstein qui forment les traits principaux de l'accidentation et de la composition du pays, des relations différentes de celles que nous avons indiquées en Toscane et qui ajoutent quelques faits aux relations qui subordonnent en tant de points les minerais de cuivre aux roches trappéennes.

Si l'on examine sur la carte géologique de l'Allemagne, les environs de Dillenburg, on voit que ce pays situé vers la lisière septentrionale du Nassau, constitue dans le massif de transition un îlot remarquable par une composition spéciale. Des zones étroites, formées par des alternances schisteuses et calcaires supposées devoniennes, courent du Sud-Ouest au Nord-Est, en suivant le mouvement général de direction de la grande zone des calcaires anthraxifères qui traversent, plus au Nord, la Belgique et la Prusse rhénane. Ces schistes et calcaires devoniens sont superposés aux grauwackes et schistes siluriens du massif, et accidentés par des roches trappéennes très-développées, disposées en zones qui suivent la même direction. Un second groupe des mêmes roches, affectant la même disposition se trouve un peu plus au Sud, de Limburg à Weilburg et Braunfels.

Les roches trappéennes du Dillenburg couvrent

une surface considérable (8 à 10 lieues carrées) sans cependant être très-apparentes parce que leurs formes émoussées ne présentent guère que des pentes douces couvertes par une végétation active. On peut cependant les étudier dans des excavations assez nombreuses où l'on reconnaît de suite la structure massive des grunstein, structure souvent globuleuse de manière à présenter des surfaces mamelonnées.

Le tissu de ces roches est généralement homogène et compacte; leurs couleurs foncées, souvent ocreuses à la surface, mais verdâtres dans les cassures qui atteignent la roche saine. Ces apparences sont d'ailleurs sujettes à des variations suffisamment désignées par la multitude de noms qu'on leur applique, grunstein, trapps, variolites, amphibolites, diorites, etc... En cherchant des gisements analogues, on ne peut mieux comparer ces roches qu'à toutes celles qui portent en effet les mêmes noms dans le groupe des montagnes du Harz.

Si l'on étudie avec attention quelques-unes des masses trappéennes principales, on observe que la partie centrale est assez constante dans ses caractères; c'est une roche verte, homogène, compacte, le véritable type du grunstein. Les variations qui ont amené tant de dénominations différentes ont lieu principalement vers les zones extérieures, à l'approche des contacts des roches soulevées; condition que nous avons signalée pour les masses serpentineuses de la Toscane et qui existe également pour les grunstein du Harz. Examinons les véritables roches de contact et nous les verrons revêtir des caractères encore plus complexes, mais qui rappellent tou-

jours quelques-uns de ceux du type trappéen.

Ces roches de contact sont désignées dans le Nassau sous la dénomination générale de *schalstein*.

Il est bien difficile de définir le schalstein : c'est le plus souvent une roche compacte et lithoïde, verte ou rougeâtre, très-fendillée surtout suivant le sens général de la stratification; quelques variétés sont même schisteuses, d'autres sont bréchiformes et massives. La couleur rouge des schalstein devient quelquefois très-prononcée, et ils contiennent accidentellement des bancs concordant de peroxyde rouge de fer. Enfin les amygdaloïdes variolitiques à noyaux calcaires font encore partie des schalstein, et se développent surtout dans les parties du sol où il existe des calcaires devoniens.

Les schalstein ont depuis longtemps attiré l'attention de tous ceux qui ont étudié les roches du Nassau. Becher, Walchner, Stifft, Leonardt, de Dechen, etc., ont signalé les caractères de ces roches, et distingué des schalstein proprement dits : 1° les *kalktrapp*, qui sont des roches compactes, homogènes, vertes ou rouges, caractérisées par le mélange du calcaire aux éléments du grunstein; 2° les *mandelstein*, qui ne sont autre chose que nos amygdaloïdes, roches de contact qui lient les précédentes aux grunstein.

M. Oppermann a publié, en 1836, une thèse sur le schalstein et le kalktrapp, dans laquelle il résume toutes les opinions publiées précédemment. Ces roches sont, dit-il, situées au contact des grunstein avec les grauwackes, les schistes ou les calcaires, de telle sorte qu'on peut, suivant les localités, les étudier dans des milieux très-diffé-

rents, dont elles reflètent les caractères. C'est ainsi que Becher a étudié principalement les schalstein dans la formation calcaire; Walchner dans la formation des schistes argileux, et Stifft dans les grunstein; de telle sorte que chacun d'eux a caractérisé ces roches par la prédominance de la chaux, de l'argile ou des principes talqueux.

Tous ces observateurs paraissent d'ailleurs d'accord pour regarder les schalstein, les kalktrapp et les mandelstein, comme des roches subordonnées aux grunstein, formant passage entre les roches cristallines et les roches argileuses ou calcaires. Cependant quelques-uns ont séparé les schalstein argileux qu'ils considéraient comme une roche normale, subordonnée aux roches schisteuses; tandis que les kalktapp et les mandelstrein ne pouvaient être supposés avoir une autre origine que les grunstein. Quant à nous, nous considérons toutes ces variétés comme des roches métamorphiques.

Abstraction faite des amygdaloïdes, les *schalstein* reproduisent la plus grande partie des caractères assignés aux *gabbro* verts et rouges de l'Italie. Par les amygdaloïdes et les bancs subordonnés de fer oligiste, ils se confondent avec les blatterstein du Harz.

Toutes les considérations que nous avons énoncées pour démontrer que les gabbro étaient stratifiés peuvent s'appliquer aux schalstein et aux blatterstein, car ces trois types de roches présentent des identités remarquables dans les conditions de leur gisement. Toutes trois se trouvent vers les périmètres des groupes trappéens auxquels elles sont subordonnées, suivent les contours des masses et en même temps les allures stratifiées des dépôts soulevés. Toutes trois pré-

sentent les passages minéralogiques les plus ménagés qui lient, d'une part les roches évidemment éruptives, et d'autre part les roches évidemment stratifiées. Enfin toutes trois sont particllement surchargées de peroxyde rouge de fer trop abondant pour qu'on puisse le supposer dû à la suroxydation du fer préexistant et qui, suivant toute probabilité, doit être attribué à des émanations spéciales.

En étudiant les rapports des schalstein avec les gites métallifères, nous aurons encore occasion de signaler d'autres identités. Prenons un exemple qui nous permettra de préciser d'abord les conditions du gisement des grunstein, des schalstein et des roches stratifiées du Dillenburg, puis de décrire l'allure et la composition des gîtes métallifères qui se trouvent dans ces terrains.

Au Nord de Dillenburg, la vallée de la Dill se trouve encaissée par des groupes montagneux surbaissés qui renferment des mines de cuivre exploitées depuis longtemps, mais aujourd'hui faiblement. Sur la rive gauche, une compagnie anglaise a ouvert des travaux assez développés aux environs de Nanzenbach, et sur la rive droite, plusieurs compagnies allemandes sont disséminées notamment au-dessus du village de Weidmansheil où se trouvent les mines de Stangenwaage, Bergmansglücke, Gnade-Gottes et Haus-Nassau. Le terrain qui encaisse ces divers gîtes, est en strates très-inclinées, dirigées Nord-Est-Sud-Ouest suivant le mouvement général des couches devoniennes et siluriennes du pays; de telle sorte que la projection des diverses couches constituantes forme une succession de bandes parallèles assez disparates qui coupent la vallée de la Dill. Ces couches appar-

tiennent à des thonschiefer bleuâtres alternant avec quelques bancs calcaires, et qui forment la masse principale du terrain; mais elles sont accidentées par des grunstein très-développés, qui le plus souvent se sont insérés suivant les plans de la stratification, et se montrent avec toutes leurs roches annexées. Ces roches annexes sont les thonschiefer rouges qui représentent le premier degré d'altération du terrain soulevé et les schalstein (1).

On peut étudier les diverses roches du terrain en se rendant aux mines par la petite route située au Nord-Ouest de Dillenburg, route qui côtoie des escarpements dénudés. On reconnaît de fort loin les surfaces massives et ondulées des grunstein, et, sur les haldes de mines que l'on a occasion de parcourir, on trouve les échantillons les plus variés des roches traversées par les galeries qui la plupart sont percées perpendiculairement à la direction des couches de manière à les traverser toutes. En s'aidant des plans des mines où les divers terrains sont marqués par des raisons qui ressortiront de la description des gîtes métallifères, on arrive ainsi à une connaissance précise de leurs caractères minéralogiques et de leur position relative.

Sous le rapport minéralogique, les schalstein dont les caractères sont si mobiles sont les roches qui intéressent le plus. On y reconnaît les variétés bréchiformes à fragments anguleux verts ou rou-

(1) Il y a encore un rapprochement à faire entre les roches altérées du Dillenburg et celle de la Toscane. Les deux degrés d'altération sont représentés dans les deux localités : le premier par les schistes rouges du Nassau et les galestri rouges de la Toscane, le second par les schalstein et les gabbro.

geâtres; les variétés amygdaloïdes à mélange de spath calcaire, qui est tantôt en veines irrégulières, tantôt en globules radiés de toutes dimensions; enfin on y trouve ces variétés vertes ou rouges, compactes et homogènes, qui jettent tant d'incertitude sur l'origine de ces roches. Parmi les roches liées aux schalstein et partageant leur allure, citons le peroxyde rouge de fer, qui forme des bancs irréguliers de 1 à 3 et 4 mètres de puissance. A la mine de Stangenwaage il existe un banc puissant de ce fer oligiste qui se trouve au toit d'un banc de schalstein, et qui reproduit toutes les conditions de gisement des bancs de fer oligiste subordonnés aux blatterstein de la vallée de Lehrbach au Harz. Sur les haldes on est frappé de la forme platteuse de tous les fragments de schalstein, et en examinant la roche en place on reconnaît que les fissures principales qui déterminent cette structure, et même donnent quelquefois à la roche une structure schistoïde, sont parallèles aux plans de la stratification.

Sous le rapport du gisement des schalstein, nous signalerons un fait mis en évidence dans la mine de Stangenwaage; c'est que les couches de schalstein sont quelquefois comprises entre des couches schisteuses ou calcaires, sans le contact immédiat des grunstein. Cet isolement est assez fréquent, et si on le rapproche de cet autre fait, que plus souvent encore le grunstein est en contact immédiat avec le terrain schisteux sans lisières intermédiaires de schalstein, on arrive à conclure que l'origine du schalstein n'est pas simplement due à des circonstances de contact. Ces roches dérivent probablement, ainsi que les couches de fer oligiste sur lesquelles nous revien-

drons, de phénomènes d'émanations complexes et prolongés qui ont suivi les éruptions trappéennes.

Examinons maintenant les conditions des gîtes cuprifères. Ces gîtes consistent en filons assez nombreux; les uns continus et assez puissants ont une allure généralement perpendiculaire à la direction des couches, quoique cette allure soit assez tortueuse. Ce sont les maîtres filons. Les autres, beaucoup plus nombreux, sont très-courts et très-minces; leur allure est généralement oblique et souvent se confond avec les plans de la stratification.

Le filon principal de Stangenwaage (haupt-gang) traverse ainsi la série de toutes les couches du terrain et se trouve par conséquent dans des *milieux* très-hétérogènes. Le remplissage principal est en quartz, auquel se joignent, en plus ou moins grande quantité, du peroxyde de fer et des débris empruntés aux roches du toit et du mur. La pyrite cuivreuse pure et souvent cristallisée se trouve engagée dans ces gangues, et l'expérience des exploitations a démontré depuis longtemps que les *filons n'étaient puissants et riches en pyrite cuivreuse que lorsqu'ils traversaient les grunstein et les schalstein*.

Les travaux de la mine de Stangenwaage mettent cette loi en évidence. Les mineurs ont donné le nom de *milieu-noble* (edle-mittel) aux parties qui contiennent la pyrite cuivreuse en proportions avantageuses; or ces milieux n'existent précisément que lorsque les filons traversent les roches précitées.

On voit qu'il y a là une loi d'enrichissement qui peut s'expliquer par ce fait observé dans les filons

d'autres contrées, que les cassures se sont mal développées dans les terrains schisteux, de telle sorte que les filons y sont peu puissants et remplis de débris stériles; tandis que les grunstein et les schalstein, par la nature nette et franche de leurs cassures, ont offert aux émanations métallifères des évents plus larges et plus durables. Cependant une seconde loi vient ajouter à l'importance de la première, et peut faire attribuer à ces roches une influence métallifère plus directe et plus prononcée; c'est que ces filons-fentes, qui par leur origine sont généralement peu dépendants des roches encaissantes, n'existent que dans des positions analogues à celles que nous venons de décrire, positions réellement subordonnées aux roches trappéennes.

Ainsi, dans le vaste massif de transition des Provinces Rhénanes, les caractéristiques de la richesse minérale sont le fer spathique, la blende et la galène; il y existe peu de mines de cuivre proprement dites, à l'exception des filons tout à fait exceptionnels de Rheinbreitenbach. Dans tout le pays trappéen du Dillenburg, nous voyons au contraire une multitude de filons exclusivement caractérisés par le fer oligiste et la pyrite cuivreuse, et toujours la richesse y présente des relations de voisinage et de contact avec les roches trappéennes. Quittons les trapps pour aller, par exemple, vers le pays de Siegen, si riche en minerais, et la pyrite cuivreuse n'est plus qu'un minéral accidentel (1).

---

(1) Je dois à M. Heusler, ingénieur en chef des mines du pays de Siegen, la communication de ces résultats attestés par une longue pratique dans les mines de tout ce pays.

La constitution du terrain métallifère du Dillenburg et les relations qui régissent l'enrichissement des filons donnent lieu à une disposition très-intéressante.

Les couches alternantes qui forment le massif du Stangenwaage sont fortement relevées et plongent sous des angles de 55 à 75 degrés; or, comme les filons qui traversent ces alternances presque perpendiculairement à leur direction, s'enrichissent dans les *mittels*, c'est-à-dire dans les grunstein et les schalstein qui plongent sous les mêmes angles, il en résulte que les zones métallifères des filons sont inclinées comme les sections verticales de ces couches. Ainsi donc, en rapportant l'allure des zones métallifères à la direction et à l'inclinaison des filons, on trouve que *les zones d'enrichissement suivent des lignes inclinées, diagonales entre l'inclinaison et la direction des filons*.

Cette allure diagonale des zones métallifères dans les filons n'est pas un fait exceptionnel; on en a cité des exemples dans les filons qui sillonnent la rive droite du Rhin, d'Holzappel à Saint-Goar; mais ici le fait est expliqué par l'influence et l'allure des roches encaissantes. Voici donc encore un exemple où l'étude de la théorie des filons et de leurs relations géognostiques doit servir de guide aux exploitants. On voit, en effet, que des travaux verticaux, entrepris pour recouper en profondeur des parties reconnues avantageuses dans les premiers niveaux, eussent pu conduire à des zones stériles; dès lors on eût pu s'emparer d'un insuccès de cette nature et déclarer que les filons ne présentent aucune garantie de richesse en profondeur.

L'origine souterraine des minerais dans les gîtes métallifères n'est guère mise en doute aujourd'hui; mais parmi les faits qui démontrent cette origine on doit placer en première ligne leur liaison presque constante avec les roches éruptives. Toutes les preuves fournies par les caractères des volcans, ou par certaines masses ignées qui contiennent des minerais, telles que les amphibolites de la Toscane, les trapps de Kewena-Point, les grunstein de Sibérie, les serpentines de Reichenstein en Silésie, etc., peuvent à la rigueur être récusées comme résultant de faits locaux et peu étendus, objection qui ne peut être opposée à des faits aussi vastes et aussi généraux que les rapports géognostiques. Ces rapports changent de forme, ils sont plus ou moins directs, mais en les voyant se reproduire sur les points les plus éloignés du globe et sur de vastes surfaces, en les trouvant inscrites sur les plans de mines et dans le langage des praticiens, on ne peut manquer de les considérer comme fournissant l'argument le plus probant en faveur de l'origine souterraine des minerais.

Les grunstein des environs de Dillenburg présentent un cas remarquable de dissémination de minerais dans la pâte même de la roche éruptive. C'est un dyke, de 5 à 10 mètres de puissance, pénétré de sulfure de nickel en cristaux ou aiguilles qui pénètrent toute la pâte, de manière à laisser peu de doutes sur le fait de contemporanéité. L'exploitation qui date déjà de longtemps a trouvé dans ces grunstein une source de production de nickel d'un grand intérêt, puisqu'elle repose sur un minerai jusqu'ici fort rare et dont l'origine éruptive est de toute évidence.

La liaison des schalstein du Dillenburg avec les minerais de cuivre, est une considération à ajouter à celles sur lesquelles nous avons appuyé leur assimilation avec les gabbro du Nord-Ouest de l'Italie; d'autre part leur liaison encore plus intime avec les gîtes de fer oligiste répandus en abondance dans le Nassau les identifie d'une manière encore plus directe aveo les blatterstein du Harz.

Nous avons indiqué (Études sur les mines) cette loi qui régit le gisement des fers oligistes du Harz, notamment dans les vallécs de Lerbach et d'Altenau, à savoir : que ces minerais appartiennent à des gîtes de contact subordonnés aux blatterstein et aux grunstein, et même insérés accidentellement dans leur propre masse. Cette loi se trouve exprimée dans la mine de Stangenwaage où l'on voit un gîte puissant de fer oligiste servant de salbande au schalstein, et d'autres petits bancs de moindre importance pénétres dans la masse même des schalstein et grunstein, toujours parallèlement au plan général de la stratification.

Les gîtes de peroxyde de fer sont encore plus nombreux dans le Dillenburg que dans le Harz, et toujours dans les mêmes conditions de gisement. Pour donner une idée de cette abondance, nous citerons ce fait que les fonderies des environs d'Herborn peuvent puiser leurs minerais dans plus de quarante gîtes exploités ou reconnus. Cette richesse en minerais de fer s'étend au groupe des grunstein méridionaux du Nassau. Il y a aussi des bancs de fer oligiste de toute dimension subordonnés aux schalstein, de telle sorte qu'on en a exploité un certain nombre jusqu'aux niveaux accessibles aux épuisements peu dispendieux, tandis que d'autres fournissent des minerais de temps

immémorial. Ces minerais, riches et de bonne qualité, ne se vendent pas plus de 7 francs la tonne.

En résumant ce qui vient d'être exposé sur les relations des grunstein et schalstein avec les gîtes métallifères, nous trouvons donc les roches trappéennes : 1° *exerçant des influences d'enrichissement sur de nombreux filons cuprifères dont le développement leur est d'ailleurs subordonné;* 2° *contenant accidentellement du fer oligiste englobé dans leurs masses, et du sulfure de nickel disséminé en cristaux contemporains;* 3° *présentant des relations de contact avec des gîtes multipliés de fer oligiste.*

Les schalstein du Dillenburg, les blatterstein du Harz et les gabbro de l'Italie, roches que nous avons assimilées comme résultant toutes trois d'influences métamorphiques développées au contact des masses trappéennes, ont un caractère commun des plus frappants qui est cette rubéfaction énergique d'une grande partie des roches qu'ils comprennent. A l'état normal, ces roches sont vertes et reflètent à un degré plus ou moins prononcé les caractères des masses trappéennes auxquelles elles se trouvent subordonnées, en établissant le passage entre la roche éruptive et les roches stratifiées soulevées. La proportion de protoxyde de fer qu'elles contiennent dans cet état normal, ne permet pas de supposer que la rubéfaction soit ici le fait d'une simple suroxydation du fer préexistant, le fer est surajouté et en telle quantité que les roches se lient par des passages et des relations de contact aux concentrations de minerais purs.

On est donc forcément conduit à admettre pour la rubéfaction de ces roches métamorphiques la

même explication théorique que pour la génération des minerais subordonnés, et cette explication s'étend nécessairement aux thonschiefer simplement rubéfiés du Dillenburg, au kieselschiefer rubéfié du Harz, aux galestri de la Toscane et à ces jaspes rouges que les paysans italiens désignent sous la dénomination si expressive de *mattoni* (briques). Or, dans l'état actuel des connaissances géologiques, on ne peut attribuer cette génération de fer olygiste qu'à des émanations souterraines; ces émanations ont suivi la sortie des roches trappéennes puisqu'on en trouve les produits dans certains filons qui coupent les trapps; elles sont donc, aux éruptions de ces roches, ce que sont les produits des solfatares aux volcans de l'époque actuelle.

Les concentrations de fer oligiste en gîtes très-cristallins tels que celui de Rio dans l'île d'Elbe, ne laissent aucun doute dans l'esprit. On conçoit l'advention postérieure de ces minerais, sous une forme assez subtile pour pénétrer dans toutes les fissures d'un terrain, pour imbiber toute la masse minérale et s'isoler en veines puissantes dont la force d'affinité et de cristallisation a repoussé latéralement les épontes du sol préexistant. Ce gîte de Rio porte en effet tous les caractères d'une génération lente, par l'action prolongée de vapeurs analogues à celles qui amènent le fer oligiste dans les cratères des volcans. L'éclat des minerais, les géodes tapissées de cristaux, l'isolement parfait des cristaux de pyrite qui forment des groupements spéciaux, et la corrosion de ces pyrites souvent transformées en fer oligiste; tous ces détails semblent se réunir pour révéler l'action prolongée des vapeurs métallifères. On voit que dans beaucoup

de cas le fer oligiste pailleteux et micacé qui, sous le marteau tombe en poussière brillante et légère, est postérieur au fer oligiste compacte ou en cristaux binoternaires. N'est-ce pas cette même action souterraine encore évidente dans le gîte demi-cristallin de Framont, qui a produit les gîtes du Harz et du Nassau, qui n'en diffèrent que par une nature moins cristalline? De proche en proche le fer oligiste lithoïde qui imprègne les schalstein, les blatterstein et les gabbro, ne doit-il pas être attribué aux mêmes causes qui sont ici signalées par les conditions même du gisement, puis enfin la rubéfaction des roches stratifiées telles que les thonschiefer rouges, les galestri, les mattoni, etc.

En généralisant cette théorie nous allons même être conduits à des conclusions plus larges. Dans certains terrains sédimentaires nous trouvons des fers oligistes terreux concentrés ou disséminés dans des roches rubéfiées. Les formations du vieux et du nouveau grès rouge, le grès des Vosges, les marnes irisées et généralement les marnes gypseuses et salifères des terrains secondaires ou tertiaires, nous offrent des exemples nombreux et développés de la coloration générale ou du bariolage des dépôts par le fer oligiste. Parmi ces dépôts nous trouvons des couches de minerais concentrés, compactes ou oolitiques (Lavoulte, Laverpillère, Privas, etc.) et dans ces couches des coquilles transformées elles-mêmes en minerais compactes ou même cristallins.

Quels sont les phénomènes qui ont pu accumuler dans des couches spéciales, ou disséminer dans des formations entières des quantités aussi considérables de peroxyde de fer anhydre; tandis que

nous ne pouvons guère concevoir le fer déposé par les eaux dans un autre état que le peroxyde hydraté? Lorsqu'on examine l'immense quantité de fer oligiste disséminée dans certaines formations arénacées rubéfiées, on ne peut faire que deux hypothèses : ou bien cette masse de peroxyde a été empruntée comme les autres éléments arénacés à des roches préexistantes; ou bien elle a été surajoutée dans les bassins même où s'opérait la sédimentation par des phénomènes spéciaux. La première supposition n'est guère admissible, et nous sommes conduits par tout ce qui a été dit précédemment, à admettre des phénomènes d'émanations souterraines, contemporaines des dépôts et mêlant leurs produits à ceux de la sédimentation.

A l'appui de cette hypothèse nous pouvons citer la remarque faite par M. Élie de Beaumont, que la présence de la dolomie stratifiée, du gypse, de l'anhydrite et du sel gemme concordait presque toujours avec la rubéfaction des dépôts. Or, on est à peu près d'accord, pour regarder toutes ces substances comme dues à des actions métamorphiques contemporaines des dépôts où elles se trouvent.

Ainsi, pendant toute la durée des temps géologiques, l'intérieur du globe nous apparaît comme un foyer d'émanations continues, qui ont envoyé à la surface des masses énormes de fer; ces émanations mêlant tantôt leurs produits anhydres à ceux de la sédimentation, et d'autres fois les intercalant, sous forme de gîtes concentrés, dans les roches soulevées par les masses éruptives.

PROCÉDÉ MÉCANIQUE

Pour déterminer la composition des roches ;

Par M. DELESSE, ingénieur des mines.

Pour l'étude complète d'une roche, il ne suffit pas de connaître les différents minéraux qui la composent, il faut encore déterminer les proportions de chacun d'eux; or la solution de cette question présente quelques difficultés, quand on ne peut la résoudre directement par la comparaison des densités, c'est-à-dire quand la roche renferme plus de deux minéraux.

Lors même que la roche se laisse désagréger avec facilité, quelques essais m'ont appris qu'il est presque impossible d'arriver à cette détermination en brisant un poids donné de la roche, et en faisant le triage de ses divers minéraux dont les poids respectifs seraient comparés au poids total; car ce triage n'est praticable qu'autant qu'il n'est pas nécessaire de réduire la roche en poudre fine, et d'un autre côté elle ne se désagrége assez bien, pour que l'opération soit possible, qu'autant qu'elle est déjà dans un état de décomposition avancé, comme cela a lieu quelquefois pour certains granites; mais, dans ce dernier cas, le poids spécifique de quelques minéraux constituants, et en particulier du feldspath, a tellement changé, que le rapport de leur poids p avec celui P du fragment sur lequel on a opéré ne donnerait plus les propor-

tions de chaque minéral dans la roche à l'état naturel : il serait nécessaire, pour l'obtenir, de multiplier $\frac{p}{P}$ par le rapport $\frac{d}{\delta}$ des poids spécifiques du minéral dans l'état normal (d), et dans l'état particulier de décomposition (δ), qu'il présente dans la roche soumise au triage.

A l'opération si longue et presque impraticable du triage, viendraient donc s'ajouter des recherches de poids spécifiques ; aussi m'a-t-il paru que ce premier procédé, pour déterminer la composition des roches, ne saurait guère être employé : on pourrait, ce me semble, se servir du suivant qui donne des résultats suffisamment approchés pour des recherches de ce genre.

Supposons que le volume occupé par la roche soit rapporté à un système de coordonnées, et soit p la surface occupée par l'un des minéraux constituants dans une section formée par un plan parallèle aux xy ; pour obtenir exactement le volume occupé par ce minéral dans la roche, il faudrait pouvoir connaître les valeurs successives de p, quand on mène une série de plans infiniment rapprochés et parallèles à xy ; l'intégrale $\int p\,dz$ donnerait alors l'expression du volume cherché.

p est une fonction de z qui peut tantôt croître, et tantôt décroître, et même passer par plusieurs *maxima* et *minima* ; mais si l'on désigne par m et M la plus *petite* et la plus *grande* valeur de p, l'intégrale $\int p\,dz$ sera toujours comprise entre mz et Mz, z représentant la hauteur du volume considéré ; d'ailleurs les valeurs extrêmes m et M différeront d'autant moins entre elles que le mi-

néral sera réparti et développé d'une manière plus égale dans la roche. Il est facile de concevoir une distribution géométrique telle que p reste constant pour des sections d'égale largeur; alors il est évident que le volume du minéral serait représenté par pz, ou serait, en un mot, celui d'un cylindre ayant p pour base; par conséquent, comme z est commun, les volumes des différents minéraux seraient entre eux dans le rapport des surfaces des bases.

Supposer que la section donnée dans la roche par une série de plans parallèles est à peu près constante, c'est supposer un cas qui se présente dans la nature chaque fois que la roche est *homogène*, si l'on donne ce nom à une roche ayant les minéraux uniformément répartis et également développés dans tous les sens; par conséquent, pour de pareilles roches, le rapport entre les volumes des minéraux constituants sera à peu près égal à celui des surfaces qu'ils présentent dans les sections, ou du moins on est certain qu'il sera compris entre les valeurs *maxima* et *minima* de ces surfaces.

Soit donc p, p', p'', etc., les surfaces présentées par les minéraux constituants d'une roche homogène dans une section P, les *proportions en volume* de ces minéraux seront respectivement :

$$\frac{p}{P}, \frac{p'}{P'}, \frac{p''}{P''}, \ldots;$$

de sorte que

$$\frac{p}{P}+\frac{p'}{P}+\frac{p''}{P}+\ldots=1.$$

Et si on désigne par $d, d', d'', \ldots, D$, les densités

respectives de ces minéraux ainsi que celle de la roche, les *proportions* en *poids* seront :

$$\frac{p}{P}\cdot\frac{d}{D},\ \frac{p'}{P}\cdot\frac{d'}{D},\ \frac{p''}{P}\cdot\frac{d''}{D},\ \text{etc.};$$

on aura en outre :

$$\frac{p}{P}\cdot\frac{d}{D}+\frac{p'}{P}\cdot\frac{d'}{D}+\frac{p''}{P}\cdot\frac{d''}{D}+\text{etc.}=1.$$

Par conséquent on aura les proportions, soit en *volume*, soit en *poids*, des minéraux constituants de la roche.

Si par des analyses antérieures faites sur ces minéraux, ou sur d'autres de même nature, on peut connaître leurs compositions chimiques, il sera facile de calculer *la composition chimique de la masse de la roche*, sans être obligé de faire une analyse spéciale.

En effet, si l'on désigne par A la proportion d'une substance, de silice par exemple, qui entre dans la roche, on aura, en représentant par a, a', a'',... la proportion de silice des autres minéraux :

$$A=\frac{p}{P}\cdot\frac{d}{D}\cdot a+\frac{p'}{P}\cdot\frac{d'}{D}\cdot a'+\frac{p''}{P}\cdot\frac{d''}{D}\cdot a''+\text{etc.}$$

Et cette formule, dans laquelle il peut arriver que l'une des valeurs a, a', a'', ..., soit égale à zéro, donnera la quantité de silice A.

Enfin il est évident qu'elle ferait connaître également les proportions d'alumine de fer, etc., et de toutes les substances qui entrent dans la composition de la roche.

D'après ce qui précède, on voit qu'une roche homogène serait parfaitement connue si on pouvait trouver les quantités p, p', p'',..., P ; car on cal-

culerait les proportions, soit en *volume*, soit en *poids*, de ses minéraux constituants, et, même à l'aide d'analyses antérieures de ces minéraux, il serait possible de déterminer approximativement, sans une analyse spéciale, *la composition chimique de la masse de la roche.*

Or voici de quelle manière on peut procéder pour connaître $p, p', p'', \ldots, P$, c'est-à-dire les surfaces présentées par les différents minéraux constituants de la roche, et du reste, dans un grand nombre d'autres circonstances, on procéderait absolument de même pour évaluer toutes les surfaces dont les formes ne seraient pas géométriques.

On prend un échantillon de la roche, qui soit poli, ou du moins qui présente une face plane; il peut d'ailleurs être parallélipipédique ou avoir une forme quelconque. Plusieurs jours d'avance on humecte sa surface avec de l'huile, de manière que ce liquide ait le temps de bien pénétrer dans ses pores; l'huile ne tarde pas à opérer un changement très-notable dans la vivacité de couleur et surtout dans la transparence des minéraux; ainsi le quartz, par exemple, devient très-limpide, tandis qu'au contraire les feldspaths, qui dans les roches granitoïdes sont souvent intimement mélangés avec lui, deviennent opaques et même laiteux : on peut donc distinguer alors les minéraux avec la plus grande netteté. On recouvre la roche avec une peau de baudruche, ou, ce qui est préférable, avec une feuille de papier végétal aussi fin et aussi transparent que possible; on augmente au besoin sa transparence en l'imbibant lui-même d'huile préalablement; puis on l'assujettit avec de la colle à bouche contre les parois

latérales de l'échantillon, en l'appliquant bien contre sa surface; on peut ainsi voir à travers le papier les minéraux de la roche aussi exactement qu'à l'œil nu.

On suit alors avec un crayon ou avec une plume fine tous leurs contours, et on calque le dessin présenté par la roche. On doit avoir soin de dessiner seulement les minéraux qui se trouvent dans le plan même de section, en laissant de côté ceux que la transparence de la roche permet quelquefois d'apercevoir; ainsi dans les roches granitoïdes, où le mica et le quartz sont associés, on distingue très-bien les paillettes de mica dans l'intérieur du quartz, mais on ne dessine que celles qui sont réellement coupées par la surface considérée. Pour ne pas confondre les divers minéraux, on les lave ensuite avec des teintes complémentaires ou qui contrastent fortement : cette précaution est surtout nécessaire quand la roche est formée de plus de deux minéraux; les portions dont le détail est difficile, et a besoin d'être examiné de près à l'œil nu pour qu'on puisse discerner complétement les minéraux qui les composent, sont d'ailleurs corrigées en dernier lieu quand on a enlevé la feuille de papier végétal qui couvre le calque; en sorte qu'on peut toujours avoir ainsi une représentation parfaitement exacte de la roche.

On découpe alors le calque de manière qu'il présente une surface égale à celle de l'échantillon qui a été dessiné, et l'évaluation des surfaces serait facile si on la ramenait à une détermination de poids.

On pourrait, il est vrai, peser les différents morceaux de papier après avoir découpé ceux qui ont des teintes différentes; mais le papier est

peu homogène, trop hygrométrique, et enfin il présente un poids trop faible dans l'unité de surface, de sorte que de petites erreurs sur le poids donneraient lieu à des erreurs plus grandes dans l'évaluation des surfaces : on évitera ces inconvénients en remplaçant le papier par une substance plus pesante et plus homogène, en employant, par exemple, une feuille de métal ; le clinquant ou le laiton pourrait servir à cet usage, mais ils ont cependant l'inconvénient de ne se laisser découper qu'avec difficulté : aussi une feuille de plomb, et surtout une feuille d'étain, sont-elles préférables.

On colle donc avec de la gomme le calque de la roche sur la feuille d'étain, qui doit avoir une épaisseur telle que les fragments qu'il s'agit de peser aient des poids facilement appréciables à la balance dont on peut disposer ; puis on découpe avec de petits ciseaux les différents minéraux, qui sont mis chacun à part : on enlève avec des pinces les parcelles de papier, et un lavage à l'eau chaude répété à plusieurs reprises débarrasse l'étain de la gomme qui reste adhérente : pour qu'on puisse la séparer complétement, il suffit de se servir de gomme arabique pure qui se dissout dans l'eau sans laisser aucun résidu, et on pourrait au besoin éviter la perte de temps qui résulte de son emploi, en décalquant directement la roche sur la feuille d'étain au moyen d'un papier rougi par de la sanguine. On fait ensuite sécher les découpures métalliques qui représentent les surfaces occupées par les divers minéraux, et on les pèse : on détermine donc facilement par ce procédé les quantités p, p', p'',... dont la somme doit être égale

à P, qui a été lui-même obtenu antérieurement par une première pesée : on conçoit, du reste, que l'exécution même suggérera diverses précautions dans le détail desquelles il ne me semble pas nécessaire d'entrer.

Si la roche présente plusieurs faces planes, et si elle a, par exemple, une forme parallélipipédique, on prendra le rapport $\frac{p}{P}$ sur chacune des six faces du parallélipipède, la moyenne donnera ensuite une valeur plus approchée de ce rapport; $\frac{m}{P'}$ et $\frac{M}{P''}$ représentant d'ailleurs les rapports *minima* et *maxima* donnés par l'expérience, comme il est facile d'apprécier si ce sont réellement les valeurs extrêmes qui peuvent se présenter dans la roche, on aura ainsi deux limites $\frac{m}{P'}$ et $\frac{M}{P''}$ entre lesquelles le rapport $\frac{p}{P}$ se trouvera compris.

Le procédé qui vient d'être décrit n'est applicable qu'autant que la roche est ce que nous avons appelé *homogène*, c'est-à-dire qu'elle a chacun de ses minéraux uniformément réparti et également développé dans tous les sens; s'il en était autrement, les résultats qu'il donnerait ne seraient plus aussi approchés. Il est d'une application d'autant plus longue et plus difficile, que les cristaux sont plus petits; mais ce sont surtout les minéraux lamelleux, et pouvant se présenter en lamelles très-fines, tels que le mica, le talc, etc., qui sont une cause d'erreurs; aussi convient-il de les évaluer par différence.

Dans l'application l'on peut, du reste, distinguer deux cas qui résultent du développement de

la cristallisation dans la roche, ainsi que de sa structure :

1° — *a*. La roche est homogène suivant ses *trois* dimensions, et toutes ses parties sont *discernables*; c'est, par exemple, ce qui a lieu généralement pour les granites, les syénites, les diorites, les euphotides, etc., etc. : alors on peut déterminer avec plus ou moins de facilité, mais dans tous les cas d'une manière complète, la proportion de chacun des minéraux constituants.

b. La roche est homogène suivant ses *trois* dimensions, mais toutes ses parties *ne sont pas discernables*.

Cela s'observe, par exemple, dans toutes les roches cristallines grenues et dans celles qui ont ce que l'on appelle une pâte; par conséquent dans tous les porphyres proprement dits, dans les serpentines, dans les variolites, etc.; dans ce cas on peut déterminer les proportions de la pâte et des cristaux discernables de chaque minéral constituant.

2° La roche est homogène suivant *deux* dimensions seulement, et alors ses minéraux sont presque toujours *difficilement discernables*.

Ce cas se présente, par exemple, pour les leptynites, les gneiss, et surtout pour les micaschistes, les schistes talqueux et chlorités, etc.

Des sections parallèles aux lamelles peuvent, suivant leur position, rencontrer tantôt du mica et du talc, tantôt au contraire d'autres substances; mais perpendiculairement aux lamelles, la roche est encore homogène, et quoique ces dernières s'offrent alors dans le sens de leur épaisseur, comme elles sont le plus ordinairement réunies et groupées

de manière à former des espèces de nodules, on pourra encore déterminer approximativement les proportions des minéraux constituants.

D'après ce qui précède, on a ramené l'évaluation des *volumes* des différents minéraux à l'évaluation des *surfaces* qu'ils présentent dans les sections de la roche; mais il est facile de reconnaître qu'en supposant toujours la roche homogène, on ramènerait de même cette évaluation à celle des *longueurs* interceptées par les différents minéraux sur les lignes menées dans ces sections; quoique la détermination de ces *longueurs* puisse se faire assez simplement au moyen d'une ligne divisée sur laquelle on les lirait presque immédiatement, on conçoit cependant que la roche n'étant jamais mathémathiquement *homogène*, le procédé décrit d'abord devra en réalité donner des rapports qui approcheront beaucoup plus de ceux qu'on cherche à obtenir, et par conséquent il me semble devoir être préféré.

DESCRIPTION

Des procédés métallurgiques employés dans le pays de Galles pour la fabrication du cuivre; et recherches sur l'état actuel et l'avenir probable de la production et du commerce de ce métal;

(SUITE) (1).

Par M. F. LE PLAY, ingénieur en chef des mines, professeur de métallurgie à l'École des mines.

§ 5. — III° OPÉRATION. — *Grillage de la matte bronze.*

But de l'opération; limites entre lesquelles le grillage doit être maintenu.

Par suite des opérations précédentes, le cuivre des minerais pauvres se trouve concentré dans une matte où ce métal forme à peu près le tiers du poids total : on se trouve à peu près dans le même cas que si l'on avait à traiter une pyrite cuivreuse entièrement exempte de gangues. Les scories de la fonte riche IV, où l'on passe ultérieurement cette matière, n'étant jamais rejetées, on ne craint pas d'y introduire de l'oxyde cuivreux, et il devient inutile de laisser dans le lit de fusion une proportion considérable de sulfure de fer. Le traitement de la matte bronze implique donc un grillage préliminaire poussé beaucoup plus loin que celui du minerai. Cependant un grillage complet exigerait un temps considérable ; la fonte IV, qui suit ce grillage, implique d'ailleurs, ainsi qu'on le verra au paragraphe suivant, la conservation d'une certaine quantité de soufre dans le lit de fu-

(1) Voir pages 3 à 220.

sion ; par ce double motif, on arrête toujours l'opération avant que la matte bronze soit entièrement décomposée. L'analyse des produits permettra de préciser plus loin (pages 402 et 403) les limites dans lesquelles se tient la pratique.

Transport intérieur des matières.

La matte bronze et l'air atmosphérique sont les seules matières premières de l'opération : le combustible employé est un mélange de 0,77 d'anthracite de qualité inférieure et de 0,23 de houille ; il revient à l'usine au prix moyen de $4^{shil.}$,59 la tonne.

La matte grenaillée est reprise dans les dépôts temporaires *u* (*Pl. III*, *fig.* 4) où elle a été placée, au niveau ou en contre-bas du sol des fours de grillage, et autant que possible au centre de la ligne des fourneaux où elle doit être élaborée. Ce sont les ouvriers mêmes préposés au grillage de la matte qui sont chargés de ce travail ; mais comme ils n'y peuvent complétement suffire, on leur adjoint toujours quelques ouvriers qui ne fournissent que des postes de jour. La matte pesée d'abord par un employé spécial est élevée, dans les bâches même où on la pèse, à l'aide d'un treuil-grue ; arrivée au niveau du chemin de roulage qui dessert les trémies des fours de grillage, la matte est chargée dans des brouettes, transportée au fourneau et versée dans les trémies : ce service, sauf l'élévation qui se fait ici à bras d'homme, est organisé comme celui des fours où se grille le minerai. La quantité de travail que ce transport exige est définie approximativement pour les données suivantes :

Matte transportée par semaine. . .	253^{t},7
Distance verticale parcourue. . . .	5^{m}
Distance horizontale.	40^{m}

Les fourneaux employés pour le grillage de la matte ont les mêmes dimensions et la même disposition que ceux qui servent au grillage des minerais. Leur situation dans la fonderie et leurs relations avec la place de dépôt *u* sont indiquées par les n°s 3 (*Pl. III, fig.* 4).

Chaque fourneau est desservi par deux ouvriers. Chacun d'eux fournit un poste de 24 heures, puis va se reposer pendant que son camarade vient prendre le poste suivant. Ce travail diffère du grillage du minerai qui est toujours suspendu le dimanche, en ce que les fours restent constamment actifs les dimanches et les fêtes; cette circonstance tient essentiellement à ce que chaque opération durant 36 heures, ne peut être subordonnée que sous les conditions d'un travail intermittent et de longs chômages, au repos dominical. Les attributions de ces ouvriers sont à peu près les mêmes que celles du grilleur de minerais : outre le travail fondamental, ils ont à approvisionner la grille, à transporter aux haldes les débris de craya, à transporter la matte aux trémies; enfin ils ont l'obligation de venir en aide aux affineurs (§ 12, X° opération) pour le chargement et le déchargement des fours. Ils n'ont point à transporter la matte grillée : le dépôt spécial de celle-ci est le réservoir même placé au-dessous du four, dans lequel cette matière est reçue à la fin de l'opération. Les ouvriers chargés de la soumettre à la fusion (IV° et V° opérations) viennent eux-mêmes la reprendre en cet endroit : seulement, les ouvriers grilleurs sont tenus d'aider ces derniers au chargement des brouettes, partie la plus pénible de ce travail de transport. Les grilleurs de matte sont payés 4^{fr},67

Personnel et matériel nécessaires à l'atelier spécial.

par poste de 24 heures, et gagnent par conséquent, vu la continuité du travail, 16sh.,33 par semaine ou par jour 2sh.,33.

Dans une fonderie où l'on doit griller par semaine 253t,7 de matte, il faut disposer de 15 fours de grillage : et dans ce cas, il faut joindre aux ouvriers grilleurs, 4 ouvriers de 17 à 19 ans chargés de les seconder pour ce qui concerne la reprise, le pesage, l'élévation et le roulage horizontal de la matte : ces derniers sont payés 10 shill. par semaine. Il faut entretenir enfin dans un établissement 4 surveillants payés chacun 21 shill. par semaine. Ceux-ci exercent sur le travail des ouvriers un contrôle assidu, et assurent ainsi le succès et la régularité des opérations suivantes.

Manipulations relatives à l'élaboration d'une charge

La conduite du feu est ici, comme dans tous les autres fours gallois, la plus essentielle besogne du travail fondamental; les choses sont exactement disposées comme dans les fours de même forme et de même dimension consacrés au grillage du minerai. Toutes les circonstances de la gazéification du combustible et de l'admission de l'air dans le laboratoire sont exactement les mêmes que celles qui ont été signalées avec détail au § 3 : je me borne en conséquence à y renvoyer le lecteur. Les seules nuances essentielles que l'on puisse signaler sont : la température plus élevée donnée au four vers la fin de l'opération, et la quantité plus considérable de combustible moyennement brûlée par chaque heure de combustion effective. On consomme ici 0t,043 par heure, tandis que dans le grillage des minerais on ne brûle dans le même temps que 0t,035. Cet excédant de consommation n'a lieu au reste que pendant les 24 dernières

heures de l'opération : dans les 12 premières, le feu est conduit plus lentement encore que pendant le grillage des minerais.

Une charge étant élaborée avec les soins qui vont être indiqués, l'ouvrier procède de la manière suivante au déchargement, puis à l'introduction d'une nouvelle charge. Se plaçant successivement devant chaque porte, il attire au moyen du râble, vers cette porte, la matière grillée étendue sur la portion adjacente de la sole, et la fait tomber par l'ouverture pratiquée dans la sole et dans la voûte inférieure : il referme chaque porte plus ou moins, selon la température de l'air extérieur, afin que le four se refroidisse précisément au degré convenable. 20 minutes environ après le commencement de ce travail, le four est entièrement vidé et prêt à recevoir la nouvelle charge : l'ouvrier la fait tomber immédiatement en ouvrant le registre inférieur des deux trémies. Cette charge pèse toujours 4t,50; elle offre un volume total de 1m.cub.,96 (1); étendue uniformément sur la sole, elle y occupe une épaisseur moyenne de 0m,24. L'étendage de la matte se fait au moyen du râble et dure 16 minutes environ. Dès que ce travail est terminé, l'ouvrier ferme les portes et abandonne pour deux heures la charge à la seule influence de la flamme et du gaz oxydant.

Vers la fin de l'opération précédente le feu avait été poussé vivement; la grille était disposée de manière à produire une assez haute température : il n'y a donc point convenance, du moins ordinairement, à enlever du craya pendant les

(1) Une expérience directe m'a prouvé que le mètre cube de matte grenaillée pèse 2.320 kilogrammes.

12 premières heures du grillage. Ainsi, après 6 heures environ, sauf le reflet d'un petit nombre de points lumineux, le dessous de la grille paraît-il complétement obscur. Pendant les 24 heures suivantes, on pousse la gazéification avec plus d'activité et à cet effet on enlève du craya trois fois environ par 12 heures.

Il importe que depuis le commencement jusqu'à la fin du grillage, la matte reste sans cesse soumise à la température la plus élevée qu'elle puisse supporter, sans que ses éléments s'agglomèrent. Si on n'atteint pas ce terme, la matte n'est pas grillée aussi complétement qu'il convient; si on le dépasse, la matte se prend, pour ainsi dire, par masses sur lesquelles les gaz oxydants agissent peu : le résultat final est encore un grillage imparfait. Lorsque le travail est bien conduit, la matière conserve constamment son état pulvérulent; deux heures après la fermeture des portes elle émet déjà d'abondantes vapeurs sulfureuses. Pour empêcher un trop rapide échauffement du four, et en même temps pour renouveler convenablement les surfaces, il suffit, à partir de ce moment, d'effectuer toutes les deux heures un râblage ou un déplacement de la matière. Dans un bon travail, le progrès de la température du four doit être gradué de la manière suivante : au moment où on ferme les portes après l'étendage de la charge, toutes les parois du four doivent être sombres, même pendant la nuit, sauf le reflet produit près de la chauffe par le combustible en ignition; les choses restent en cet état pendant 6 heures. A partir de ce moment, la charge et les parois du four contiguës au pont commencent à rougir : la température rouge se propage ensuite

depuis le pont jusqu'aux rampants de sortie; vers la 12e heure toute la charge est décidément rouge naissant. A la 24e heure, la charge et les parois sont portés au rouge cerise; ils atteignent enfin le rouge très-vif à la fin de l'opération, soit à la 36e heure. Le renouvellement des surfaces se fait de deux manières différentes, soit avec une étroite spadelle, soit avec un râble. Le travail à la spadelle consiste à retourner complétement la charge; à cet effet, l'ouvrier introduit vivement la spadelle en la glissant sur la sole de manière à la recouvrir d'une couche de minerai; puis, transportant latéralement l'outil à une distance de 30 centimètres environ sur une partie de la sole dégarnie de matte, il y renverse et y retourne en même temps la petite charge qui y est contenue. Pour faire régulièrement ce travail, l'ouvrier laisse entièrement dégarnie une zone de $0^m,30$ à $0^m,50$ de largeur, une fois près du pont, la fois suivante près du rampant, puis il transporte de proche en proche toute la charge, en commençant par la partie contiguë à l'espace vide, de manière à remplir d'abord ce vide et à le reporter enfin sur la partie opposée de la sole. Le travail au râble a pour objet de renouveler les surfaces et de diviser les masses qui ont toujours une certaine tendance à l'agglutination : on y parvient en labourant alternativement la matière en deux sens opposés, en y traçant une suite de sillons parallèles, et en la soumettant à une série de petits chocs appliqués avec le tranchant du râble. Ces deux manipulations se succèdent alternativement à des intervalles de 2 heures environ; on en fait environ 17 sur chaque charge, et chacune d'elles exige environ 12 minutes.

Temps consacré aux diverses manipulations.

Pendant toute la durée de l'élaboration d'une charge, le service de la chauffe absorbe à peu près le temps indiqué ci-après :

6 nettoyages de grille, à 10' chaque, ou 60'.	1h 00'	2h 30'
Enlèvement de 0t,159 de craya et transport aux haldes.	0 05	
Chargement de 1t,543 de combustible en 30 charges environ, à raison de 2' par charge.	1 00	
Transport de l'anthracite depuis le dépôt provisoire jusqu'à la grille.	0 25	

En calculant le temps effectif consacré par l'ouvrier grilleur aux diverses occupations qui lui sont données dans l'atelier, on trouve que chaque journée de travail est employée ainsi qu'il suit :

Grillage proprement dit : travail actif. .	0,182	0,604
Idem. garde des fours.	0,422	
Transport des mattes brutes et grillées, du combustible, etc.		0,240
Chargement des fours de raffinage (Xe opération).		0,156
Total.		1,000

Tous les travaux considérés dans leur ensemble absorbent à peu près dix heures, savoir :

Travail fondamental. Le service de la chauffe et l'élaboration du minerai exigent pour chaque charge un travail total de 6 h. 30', soit p. 24 h.	4h 20'
Reprise, pesage, élévation et transport de la matte. — Les 12 grilleurs présents à chaque poste transportent moyennement par jour 21t,6 sur les 36 t. nécessaires à l'approvisionnement journalier des fours ; le reste est transporté par les 4 ouvriers supplémentaires ; ce travail exige environ de chaque ouvrier grilleur.	5 00
Reprise et chargement de la matte grillée. — Ce travail, fait de concert avec les ouvriers fondeurs qui élaborent ce produit, absorbe environ. .	0 20

	h.
Service du chargement et du déchargement à l'atelier de raffinage (Xe opération), environ. . .	0 20
Total.	10 00

Balance des matières premières et des produits.

La matte grillée est l'unique produit solide de l'opération : on obtient en outre de l'acide sulfureux et de l'acide sulfurique qui se dégagent avec les gaz de la combustion. Le poids de la matte se trouve très-peu modifié par le grillage ; l'oxygène absorbé par les métaux étant à peu près l'équivalent du soufre qu'ils abandonnent. En faisant abstraction de l'acide sulfurique produit, on peut établir, ainsi qu'il suit, la balance entre les matières employées et produites :

BALANCE DU GRILLAGE DE LA MATTE BRONZE.

Matières premières.		Produits.		
Matte bronze à griller.	0,804	Matte grillée pour IV.	0.536	0,783
		Matte grillée pour V.	0,247	
Oxygène atmosphérique. . . .	0,196	Acide sulfureux.		0,217
	1,000			1,000

Ainsi qu'on l'a dit, le dépôt provisoire de la matte grillée est le lieu même où elle tombe à la sortie du four : il n'y a donc à rien porter à la charge du grillage, en ce qui concerne le transport de ce produit. C'est dans ces dépôts que viennent la reprendre, au fur et à mesure des besoins de leurs ateliers, les fondeurs préposés à la fabrication des mattes blanche et bleue (IVe et Ve opérations).

Surveillance assidue exercée sur l'atelier.

Le grillage de la matte est une des opérations de la méthode anglaise qui exige le contrôle le plus assidu, parce qu'il n'y a aucun moyen commode de juger par l'examen du produit même, si

le travail a été conduit avec la régularité convenable. Le travail est également défectueux lorsque l'on chauffe trop ou trop peu ; mais il n'y a guère à craindre en général que l'ouvrier tombe dans le premier excès : la matte s'agglutine aussitôt, et la faute commise devient évidente au seul aspect de la matière : l'ouvrier se trouve donc obligé de faire avec le râble un travail extrêmement pénible pour ramener la matière à l'état normal. Il ne court aucun danger de ce genre en chauffant trop peu : en tenant constamment son four au-dessous de la température convenable, il est assuré d'obtenir une matière parfaitement pulvérulente, qui aura tous les caractères extérieurs d'un bon produit, et dont le défaut essentiel, l'excès de soufre et de fer métallique, ne se révélerait que dans les ateliers où se traitent toutes les mattes grillées, c'est-à-dire au moment où il ne serait plus possible de remédier au mal, ni d'en connaître l'auteur. L'ouvrier ayant toujours tendance à tenir son four trop froid, la surveillance de l'atelier consacré au grillage de la matte doit avoir pour but de constater que chaque four est parvenu précisément au degré de température qui, dans une opération bien conduite, correspond à l'intervalle écoulé depuis l'origine de la charge. Dans un atelier de quinze fours, cette surveillance est exercée par quatre agents; pour en rendre l'exercice plus facile, on fait marcher tous les fours de conserve; la tâche des agents se réduit alors à constater que tous les fours sont portés à chaque instant à la température convenable, et que dans tous également on fait en temps opportun les manipulations relatives au renouvellement des surfaces.

Réparation des fours; temps de chômage et d'activité.

Les fours consacrés au grillage de la matte sont, avec ceux employés pour la IXᵉ opération, les seuls qui soient tenus en activité constante; ils ne subissent donc que les chômages motivés par les réparations ou par le ralentissement des travaux de la fonderie. Dans une fonderie où l'on élabore moyennement $253^{t},7$ de matte bronze, on dispose de 15 fours de grillage : or comme chacun d'eux élabore exactement 21 tonnes de matte par semaine, il faut tenir en activité constante pour accomplir ce travail un nombre moyen de 12,1 fours : le reste étant tenu en réserve ou en chômage complet pour cause de réparations : les réparations se font après les mêmes intervalles que pour les fours servant au grillage du minerai; en sorte qu'en résumé le temps de chacun des 15 fours de l'atelier est distribué comme suit entre les diverses périodes d'activité et de chômage :

Jours de travail effectif.		294
Jours de chômage.		
Dimanches et fêtes.	0	71
Réparations et mises en feu.	6	
Réserve (avec feu dans la chauffe).	39	
Chômage complet (hors feu). . . .	26	
		365

Frais de grillage pour 1 tonne de matte bronze.

Les frais qu'entraîne le grillage d'une tonne de matte bronze doivent être établis comme suit :

III. *Frais de grillage pour 1t,000 de matte bronze.*

MAIN-D'OEUVRE ET MATIÈRES.	JOURNÉES.	SALAIRE par journée.	DÉPENSE totale.
Main-d'œuvre.		shil.	shil.
Ouvriers grilleurs. — Grillage proprement dit.	0,400	2,33	0,932
Id.—Transport de matières et de produits.	0,160	2,33	0,373
Ouvriers auxiliaires.—Transport de la matte brute.	0,110	3,00	0,330
Surveillance du travail.	0,095	4,50	0,332
	0,765	2,57	1,967
Matières.	tonnes.	Prix de la tonne.	
Combustible pour le travail normal. .	0,342		
— pour les trav. accidentels.	0,068		
	0,410	4,57	1,874
Briques réfractaires.	0,003	22,00	0,066
Entretien du mobilier : râbles, spadelles, brouettes, etc.	»	»	0,100
Total.	. . . . . .	. . . . . .	4,007

Modifications produites sur la matte par le grillage.

Le grillage altère profondément les propriétés physiques et la composition chimique de la matte bronze. Les grains de matte grillée ont généralement un moindre volume que ceux de la matte brute : ils se trouvent mêlés d'une quantité considérable de poussière qui manquait complétement dans celle-ci. La couleur générale du produit est le noir foncé avec un léger reflet brun :

tout en conservant à peu près la forme des grains de matte brute, beaucoup de grains sont devenus complétement friables et s'écrasent par un léger choc; beaucoup d'autres présentent, au milieu d'une enveloppe friable, un noyau dur et compacte formé de matte entièrement intacte; cette matte est essentiellement différente de la matte brute, et présente toujours, au lieu de la cassure terne qui caractérise cette dernière après le grenaillage, un éclat métallique très-prononcé: ces fragments offrent ordinairement les nuances bronzes, jaunes, bleues, rougeâtres, panachées, etc. On rencontre assez souvent dans les mattes les mieux grillées de petits fragments, formés de l'agglomération de grains de matte brute et qui ont, en quelque sorte, la structure oolitique. Leur cassure montre toujours la couleur de la matte bronze : elle décèle donc un grillage incomplet, et explique l'importance que les grilleurs attachent à prévenir cette agglomération. On observe dans le produit des opérations mal conduites des masses ayant la grosseur du poing, tandis qu'il est rare de trouver des fragments de la grosseur d'une noisette dans les mattes grillées par des ouvriers soigneux.

La densité de la matte diminue considérablement par le grillage, car bien que la matière remplisse mieux les vases où on l'introduit, j'ai constaté que la matte brute dont la densité est 4,56 et dont le mètre cube pèse 2.320 kilogrammes donne une matte grillée dont le mètre cube ne pèse plus que 1810 kilogrammes.

Le manque de dépôts spéciaux pour la matte grillée ne permet point de constater facilement par un pesage direct la perte éprouvée au grillage;

la multiplicité des détails de la méthode galloise m'obligeant d'ailleurs de concentrer sur des points plus essentiels, le temps et les dépenses que de telles recherches exigent, je me suis borné à déterminer directement la teneur en soufre de la matte grillée, au moyen de prises d'essai faites pendant quinze jours avec les précautions déjà indiquées. J'ai ainsi constaté que la même matte bronze qui, avant le grillage, tient 0,295 de soufre, n'en retient plus, lorsqu'elle est grillée, que 0,164. J'en ai conclu que la perte de poids due au grillage est seulement de 0,026, et que la matte grillée présente approximativement la composition indiquée ci-après :

Composition chimique d'une matte peu grillée.

Composition d'une matte bronze peu grillée.

Matte bronze intacte. . . .	0,549	Cuivre.	0,346
Oxyde cuivrique.	0,195	Fer.	0,351
Oxyde ferrique.	0,225	Métaux divers	0,015
Oxydes divers	0,020	Soufre.	0,164
Scorie mélangée.	0,011	Oxygène.	0,113
	1,000	Scorie mélangée	0,011
			1,000

Il est essentiel de remarquer que cette matte était destinée à des lits de fusion moins riches en soufre que ceux qu'on élabore souvent dans le pays de Galles. Une analyse faite plus récemment sur une matte convenablement grillée, destinée à un lit de fusion où entre une plus forte proportion de mattes cuivreuses importées du Chili, a indiqué 0,117 de soufre ; les parties sulfurées examinées à la loupe présentaient rarement la couleur bronze, mais plutôt les couleurs bleues et rougeâtres de mattes évidemment enrichies par la réaction de la matte bronze sur l'oxyde cuivreux formé par le grillage. L'analyse de ces grains de

matte soigneusement débarrassés par un long frottement de toute matière oxydée, a prouvé que ces grains tiennent moyennement 0,56 de cuivre; ceux-ci se rapprochent donc, par leur composition, de la matte bleue, produit de la cinquième opération. En admettant que la partie sulfurée ait en effet la composition de la matte bleue, on trouve que la matte grillée type perd 0,052 par le grillage et présente la composition suivante :

Composition d'une matte bronze complétement grillée. Composition chimique d'une matte complétement grillée.

Matte bleue	0,502	Cuivre	0,356
Oxyde cuivrique	0,086	Fer	0,361
Oxyde ferrique	0,386	Métaux divers	0,016
Oxydes divers	0,014	Soufre	0,117
Scorie mélangée	0,012	Oxygène	0,138
		Scorie mélangée	0,012
	1,000		1,000

On ne saurait admettre toutefois que dans l'ensemble de l'atelier de grillage on arrive à ce résultat : j'ai lieu de penser que la composition de la matte grillée, vu les irrégularités ordinaires de ce travail, se rapproche plus du terme moyen d'abord indiqué ; j'ai adopté ce dernier dans l'ensemble des calculs du § 13 (tableaux III, IV et V).

§ 6. — IVᵉ OPÉRATION. — *Fabrication de la* matte blanche ordinaire *ou fonte de la matte bronze grillée avec les minerais riches.*

Considérée dans son plus grand état de pureté (Voir ci-après, p. 419, les résultats de l'analyse chimique), la matte blanche du pays de Galles correspond exactement au sulfure cuivreux Cu^2Su des chimistes. C'est l'un des produits caractéris- But et principe de l'opération.

tiques de la méthode galloise et qui, à ma connaissance, ne se retrouve point dans les usines à cuivre des autres contrées. Sur le continent européen, j'ai vu obtenir une seule fois cette sorte de matte dans des essais qui n'ont point encore donné lieu à un procédé régulier.

Le principe de l'opération, où se produit la matte blanche, consiste à associer à la matte bronze grillée, matière première principale de cette fonte, des minerais cuivreux à peu près exempts de sulfure de fer, contenant principalement du sulfure de cuivre, des oxydes de cuivre et du quartz, en proportion telle que le sulfure de fer du lit de fusion soit oxydé par l'oxygène des oxydes; que la totalité du cuivre se combine au soufre excédant pour former la matte, tandis que l'oxyde de fer se combinant à la silice passe en totalité dans les scories.

Dans la pratique, on ne peut obtenir régulièrement des réactions aussi tranchées, soit parce qu'il est impossible d'établir entre les oxydes et les sulfures du lit de fusion une proportion constante, soit parce que, dans les fours où l'on opère, on ne peut jamais mettre en contact les dernières parcelles de deux réactifs rigoureusement équivalents. Pour rendre les réactions aussi complètes que possible, il faudrait prolonger considérablement la durée des fontes, d'où résulterait un accroissement considérable sur les frais de main-d'œuvre et la consommation de combustible. L'expérience a prouvé que pour obtenir le résultat le plus avantageux, il faut laisser une certaine quantité de fer dans la matte et faire passer dans la scorie une proportion assez considérable d'oxyde cuivreux. L'enrichissement de la scorie n'a point ici l'in-

convénient qui se manifeste lors de la fonte pour la matte bronze : cette scorie n'est jamais rejetée, et les métallurgistes gallois ont même trouvé moyen de tirer du cuivre qui y est contenu un parti fort avantageux (voir § 8). On pourrait sans inconvénient, et même avec un certain avantage, en ce qui concerne l'emploi ultérieur de cette scorie, augmenter dans le lit de fusion la proportion des oxydes. En enrichissant davantage la scorie, on parviendrait sûrement à expulser les dernières traces de sulfure de fer et à produire la matte blanche type ; c'est précisément ce qui arrive dans un petit nombre d'opérations. Mais pour atteindre ordinairement cette limite, il faudrait souvent s'exposer à la dépasser, ce qui offrirait un grave inconvénient. Dans ce cas, en effet, les oxydes en excès agiraient sur le sulfure cuivreux et produiraient, aux dépens de la matte, une certaine quantité de cuivre métallique ; or, ainsi que je l'expliquerai plus loin, le métal produit dans ces conditions est toujours de qualité inférieure : le principe fondamental de la fusion pour matte blanche est donc d'éviter autant que possible cette production de cuivre, et pour atteindre ce but dans les conditions ordinaires, il faut laisser de 4 à 8 pour 100 de fer dans la matte, et de 3 à 5 pour 100 de cuivre dans la scorie.

Matières premières ; transports intérieurs.

Les matières premières de la fonte pour matte blanche sont assez nombreuses : à la matte bronze grillée qui forme toujours plus de moitié du lit de fusion, on associe les minerais bruts de 4e classe, composés comme il a été dit (p. 110), et provenant pour la plupart de mines étrangères : du Chili, du Pérou, de Toscane, d'Australie, etc. On y fait

encore entrer toutes les scories de rôtissage et d'affinage (IXe et Xe opérations), qui se composent essentiellement de silice et d'oxyde cuivreux; les débris de fourneau cuivreux provenant de toutes les opérations et qui agissent surtout par la silice qu'ils contiennent; divers produits d'usines, étrangers au traitement que je décris, et surtout les battitures des laminoirs à cuivre; enfin les matières terreuses directement dissoutes pendant la fonte même, à la sole et aux parois du four, et qui fournissent au lit de fusion des quantités considérables de silice. On alimente la chauffe avec un mélange de 0,74 d'anthracite et de 0,26 de houille, revenant à la fonderie à 4shill.,89.

Le transport à pied-d'œuvre de la matte grillée et des minerais bruts est fait exclusivement par les fondeurs. La matte grillée est reprise, comme on l'a dit (§ 5), dans le dépôt situé au-dessous de chaque four de grillage avec le concours des ouvriers grilleurs; les minerais bruts sont repris dans les dépôts *ii* (*Pl.* III, *fig.* 4), intercalés entre les fours de grillage (Ire opération), où ils ont été transportés à l'aide d'un double roulage, de la machine à vapeur et du plan incliné (Voir §§ 3 et 17). Les fondeurs ont encore à reprendre les débris de fourneau au dépôt *v* (*Pl.* III, *fig.* 4), où l'on en fait le triage, et les battitures de laminoir dans un magasin peu éloigné *oo* (*Pl.* III, *fig.* 4) où on les dépose temporairement. Les scories de rôtissage et de raffinage sont directement apportées aux fours de fusion par les ouvriers qui les produisent. En résumé, les transports de matières premières que les fondeurs doivent accomplir chaque jour pour le service d'un four donnent lieu à la quantité de travail indiquée ci-après :

2t,002 de matte grillée transportée à	15m	élevée de	4m
0,870 de minerais bruts transportés à	45m	élevés de	5m
0,214 débris de fourneaux *id.* . . .	60m	*id.*	3m
0,024 produits cuivreux *id.*	100m	*id.*	3m

Les fourneaux n° 4 (*Pl. III, fig.* 4) employés pour cette fonte ont la même forme et les mêmes dimensions que ceux qui servent à la fonte pour matte bronze. La sole ne présente pas cependant la dépression qui dans les derniers fours sert à restreindre autant que possible la surface de contact entre la matte et la scorie. Ici, au contraire, il importe que ce contact ait lieu sur toute la surface du four. La sole ne reçoit à cet effet qu'une pente uniforme et très-faible, strictement suffisante pour donner issue à toutes les matières fondues, vers l'orifice d'écoulement placé sur l'un des longs côtés. **Personnel et matériel de l'atelier spécial; attributions principales.**

Chaque four est conduit par deux fondeurs qui se relaient suivant la convention qui est faite entre eux; parfois après l'exécution de deux fontes, plus ordinairement par postes alternatifs de 12 heures. Ceux-ci doivent être choisis parmi les ouvriers les plus moraux et les plus intelligents, soit parce qu'il n'existe aucun moyen d'exercer un contrôle efficace sur leur travail, soit parce que la nature assez variable des éléments du lit de fusion et surtout des minerais riches d'origine étrangère exige que les ouvriers contribuent par leurs conseils à régler la composition des charges, conformément aux indications fournies pour le travail même. Ces fondeurs reçoivent un salaire plus élevé que celui qui est accordé pour la fonte n° II; on leur alloue 5 shillings par poste de 12 heures; ils fournissent par semaine un total de 11 postes, pour lesquels ils reçoivent chacun, en moyenne,

27$^{schil.}$,50. Chaque semaine, en outre, un ouvrier sur huit, doit fournir dans la nuit du dimanche au lundi, un poste de 12 heures pour remettre en feu et porter à la température que le travail réclame, les quatre fours au service desquels ces ouvriers sont attachés : le salaire de 27$^{schil.}$,50 s'applique donc réellement à 5,62 journées de travail, ce qui réduit à 4$^{schil.}$,893 le salaire attribué à un travail effectif de 12 heures. Comme tous les fours de la fonderie (ceux de grillage exceptés), chaque four emploie en outre un enfant de 10 à 15 ans, payé moyennement 0$^{schil.}$,85 par jour; il est chargé de l'approvisionnement de la grille, de l'enlèvement et du triage du craya.

Le travail des fondeurs consiste à conduire le feu, à peser et transporter les matières du lit de fusion, à emplir les trémies, à exécuter toutes les manipulations spéciales de la fonte; enfin, à transporter, comme il sera dit plus loin, les scories au dépôt provisoire.

Le feu est conduit exactement de la même manière que dans la fonte n° II, avec cette différence qu'on brûle dans l'unité de temps une quantité de combustible un peu plus considérable. On fait moyennement par poste, dix charges de combustible, chacune de 0^{t},176; et dans les 24 heures on brûle en moyenne 3^{t},524. La charge des matières à fondre n'est pas beaucoup plus grande que dans le four n° II; elle reste dans le four 2 heures de plus environ; par ce double motif, la température acquise par le four et par les matières à la fin de l'élaboration de chaque charge, est encore plus grande que dans la IIe opération; le four, au moment où se fait la coulée, est porté au blanc le plus éblouissant. Cette

haute température tend à restreindre plus que dans les autres fours la durée des parois intérieures, et surtout de la chauffe et de la voûte. Il existe, par ce motif, une plus grande différence relative entre le nombre total des fours consacré à la fonte IV, et le nombre moyen de fours qui peut être tenu en activité.

Principes généraux sur la composition des charges; résultats moyens.

La charge se compose assez ordinairement de 1t,600 de matières cuivreuses, non compris les débris de fourneaux et les substances terreuses enlevées à la sole et aux parois du four; mais cette composition et le poids absolu de la charge subissent, selon la nature des matières employées, de fréquentes variations. Le but que se propose le fondeur est d'associer dans des proportions aussi constantes que possible, d'une part le soufre et le cuivre qui, après la réaction mutuelle des sulfures et des oxydes doivent essentiellement constituer la matte; de l'autre, la silice et l'oxyde de fer qui doivent essentiellement constituer la scorie. Or, le cuivre est surtout fourni à l'état d'oxyde et de sulfure par les mattes grillées; à l'état d'oxyde par les minerais riches ainsi que par les scories d'affinage et de rotissage; le soufre est surtout fourni par la matte grillée, et en moindre proportion par les minerais et les mattes riches importées du Chili; le fer à l'état de sulfure provient exclusivement de la matte grillée et des mattes riches du Chili; le fer à l'état d'oxyde provient surtout de la matte grillée et en moindre proportion des minerais et des scories de rôtissage; la silice enfin, outre celle qui provient en proportion à peu près constante des soles en sable et des parois en briques, est surtout fournie, par les minerais, par

les débris de fourneaux, et en moindre quantité par les scories d'affinage et de rôtissage. De tous ces éléments, celui qui varie le plus est la composition des minerais riches; la plus importante fonction du fondeur consiste donc à subordonner à la nature du minerai qui lui est donné, la proportion des autres éléments. Un minerai très-riche en oxyde de cuivre, dont la gangue est fortement chargée d'oxyde de fer, devra être associé à une forte proportion de matte grillée, et surtout de débris de fourneau. Un minerai chargé de cuivre sulfuré et de quartz sera dans le cas inverse; il pourra, dans certains cas, dispenser de toute addition de débris, et se fondra au contraire avantageusement avec une surcharge de scories. Dans un roulement moyen, où le poids des matières cuivreuses proprement dites monte à 1t,600, la composition d'une charge peut être évaluée comme suit :

Matières cuivreuses.	Matte grillée.	t. 1,001	t. 1,600
	Minerais riches.	0,435	
	Scorie de rôtissage.	0,108	
	Scorie d'affinage.	0,043	
	Produits cuivreux (7e classe).	0,012	
Fondants.	Débris de fourneaux. . . .	0,107	0,193
	Sable des soles.	0,075	
	Briques des parois du four.	0,011	
			1,793

Manipulations relatives à l'élaboration d'une charge.

Le fourneau étant débarrassé de la charge qui vient d'y être élaborée, le fondeur recommence immédiatement le travail d'une nouvelle charge, en ouvrant le registre de la trémie, et faisant tomber sur la sole les matières pulvérulentes qui y sont accumulées, savoir : la matte grillée, les mi-

nerais riches, et les battitures de laminoir. Après avoir refermé le registre, il ouvre la porte de travail qui, jusque-là, était restée fermée, et s'empresse d'étendre, au moyen du râble, ces matières en couche à peu près uniforme. Il termine le chargement en projetant à la pelle sur toute la surface du lit de fusion les débris de fourneau ainsi que la scorie de rôtissage et d'affinage, concassés en fragments dont les plus gros ne dépassent guère la grosseur du poing. Après un intervalle de 12 minutes, consacré à ces diverses manipulations, le fondeur abaisse et lute avec soin le cadre de fonte rempli de briques qui ferme l'ouverture de la porte de travail, puis il abandonne les matières chargées à leur action réciproque et à l'influence de la chaleur.

Chaque fondeur de service auprès d'un four exécute, pendant la fusion de la charge, des manipulations analogues à celles qui ont été signalées pour la fonte II. Celles de ces manipulations qui concernent le travail même se réduisent à faire tomber le craya surabondant, à disposer convenablement les ouvreaux destinés à l'accès de l'air; enfin à tenir la chauffe pleine de combustible. Le temps qui n'est point consacré à ce service est réclamé presque en entier par le transport des matières premières et des produits. Pour le chargement des trémies, les ouvriers se réunissent au nombre de quatre, et opèrent en commun, ainsi qu'il a été indiqué au sujet de la fonte II. Chaque fondeur, au contraire, transporte seul à la brouette les matières en fragments qui doivent être directement introduites par la porte de travail, ainsi que les deux produits de la fonte, la matte blanche et la scorie.

En exerçant ses yeux à supporter l'éclat de la chaleur intense développée dans l'intérieur du four, on peut constater que la charge présente successivement les phénomènes suivants. Les matières se frittent rapidement à la surface, mais sans entrer tout d'abord en fusion; ce n'est guère qu'après une heure que l'on commence à constater distinctement des indices de fusion par les mouvements qu'impriment à la masse ramollie les gaz qui se dégagent. 3 heures environ après le commencement de l'opération, on reconnaît que les matières imparfaitement liquéfiées qui recouvrent encore la surface de la charge flottent en partie sur un bain de matières fondues; après 4 heures la surface de ce bain est en partie découverte, surtout dans la partie centrale de la sole. La surface du liquide n'y est agitée par le dégagement d'aucun gaz, tandis que les matières scoriacées qui recouvrent encore le pourtour du bain manifestent toujours des indices assez fréquents de boursouflement. Un râblage qui précède souvent la coulée détache quelques agglomérations de matières non fondues encore adhérentes aux parois, et donne lieu de constater que la scorie acquiert vers la fin de la fonte une très-grande fluidité; dans le coup de feu final, quelques bouillonnements produits par la fusion rapide de ces derniers dépôts ne tardent pas à cesser, et le bain reste calme lorsqu'enfin la fusion des matières est complète.

Une demi-heure environ avant la fin de l'opération, le fondeur ayant exécuté tous les transports de matières, concentre son attention sur les phénomènes qui se manifestent dans le four: il constate au besoin, soit à l'inspection de la matte et des scories de la coulée précédente, soit à la vue

de la charge qui l'élabore, la convenance de modifier en quelque point la composition jusque-là adoptée pour le lit de fusion. Souvent, comme je viens de le dire, il constate l'état de cette charge et remédie à une fusion incomplète des matières par un brassage qui dure environ 5 minutes et qui est toujours suivi d'un dernier coup de feu. Les derniers instants de la fusion sont ordinairement employés à façonner à la pelle, dans une masse de sable accumulée à cet effet près de l'orifice de coulée, une rigole (1) destinée à recevoir les deux produits de la fusion.

Après un intervalle moyen de 5 heures 47 minutes compté depuis le moment où l'on a commencé le chargement des matières, l'ouvrier débouche à coups de masse et au moyen d'un ringard pointu, l'orifice de percée formé comme toujours de sable argileux endurci. La matte coule la première et est suivie par la scorie qui présente un haut degré de fluidité : lorsque l'écoulement cesse, ce qui arrive après 8 minutes environ, l'ouvrier referme le trou de coulée avec du sable argileux humide et recommence aussitôt une nouvelle charge. La durée complète du travail d'une charge est donc de 5 heures 55 minutes.

Outre la matte blanche qui forme le produit principal, on obtient encore dans cette fonte des scories qui retiennent une quantité assez considérable de cuivre, et qui jouent dans le traitement métallurgique un rôle fort utile; on en fait ordinairement deux lots de teneur assez inégale : le

Balance des matières premières et des produits.

(1) La disposition de cette rigole de coulée est la même que pour le fourneau servant à la refonte des scories. (Voir *Pl. II*, *fig.* 6.)

lot le plus riche comprend les scories qui se figent au contact de la matte, et toutes celles qui se forment dans les opérations où l'oxyde de cuivre se trouve accidentellement et par suite d'un mauvais dosage, en trop grand excès ; l'autre est formé des scories les plus pauvres qui se déversent au delà de la matte, et de toutes celles qui proviennent de lits de fusion où le soufre est trop dominant. Les premières sont traitées dans une fonte spéciale (opération VI); les secondes sont repassées, ainsi qu'il a été dit, dans la fonte n° II, où elles jouent le rôle de fondant et rendent aisément tout le cuivre qu'elles contiennent. Les réparations fréquentes qu'exigent les fours consacrés à la fonte n° IV, livrent encore une certaine quantité de débris de fourneaux à repasser dans cette fonte même, avec ceux qui proviennent de tous les fours de fusion, de rôtissage et de raffinage. Enfin la réaction mutuelle des sulfures et des oxydes, et la seule influence de la chaleur sur les minerais bruts, dégagent à l'état gazeux une certaine quantité d'acide sulfureux, d'eau et d'acide carbonique.

En résumé, la balance des matières premières et des produits de la fonte n° IV peut s'établir approximativement comme suit :

BALANCE DE LA FONTE POUR MATTE BLANCHE.

Matières premières.		Produits.	
Matte grillée de III.	0,559	Matte blanche, pour IX. . . .	0,462
Minerais bruts (4e classe). .	0,243	Scorie pauvre, pour II. . .	0,261
Produits cuivreux (7e cl.). . .	0,007	— riche, pour VI. . . .	0,281
Scorie de rôtissage (IXe op.)	0,060	Débris de fourneaux, pour IV.	0,009
— de raffinage (Xe op.). .	0,024	Acide sulfureux.	0,043
Débris de fourneaux (de II et de IV à X)	0,060	Eau et acide carbonique. . .	0,004
Matières terreuses : sable. .	0,041		1,000
— briques. .	0,006		
	1,000		

Le fondeur fait avec soin le triage de la matte blanche et des deux lots de scories : pour laisser à ces matières le temps de se refroidir, il attend pour procéder à cette opération que les transports des matières premières composant la charge suivante soient effectués. Il transporte ensuite la matte dans l'atelier de rôtissage (IXe opération), et les scories dans deux dépôts provisoires *xx* (*Pl. III*, *fig.* 4) établis à proximité des fours de fusion n° 4, et dans lesquels les fondeurs chargés des opérations II et VI viennent en faire la reprise. On y fait un cassage grossier de ces scories pour en séparer, s'il y a lieu, les fragments de matte blanche qui pourraient y rester mécaniquement mélangés.

Temps consacré aux diverses manipulations.

En résumé, chaque fondeur consacre à un travail effectif 9^h 30′, soit les quatre cinquièmes de la durée de chaque poste, le reste, soit 2^h 30′, étant consacré au repos. L'unité du temps effectivement consacré au travail se répartit elle-même approximativement de la manière suivante entre les divers travaux :

Transport de matières premières.		0,47
Travail fondamental. — Conduite du feu dans les fours mêmes, ou dans les fours en réserve ou récemment réparés.	0,11	0,21
Chargement, râblage, coulée, etc.	0,10	
Transport des produits.		0,32
		1,00

Temps de chômage et d'activité pour chaque four.

Chaque four passe par semaine 22 charges dans le temps (130 heures) qui s'écoule depuis le lundi matin à 6 heures jusqu'au samedi à 4 heures après midi : dans un atelier où l'on fond par semaine 169^t,1 de matte grillée, et 73^t,5 de minerais bruts

avec la quantité équivalente de réactifs, il suffit donc de tenir en activité constante un nombre moyen de 7,67 fours. Le nombre des fours en feu, en chômage ou en réserve est effectivement de 10, et l'emploi annuel de chacun de ces fours est défini par les chiffres suivants :

Jours de travail.		235
Jours de chômage.		
Dimanches et fêtes	56	130
Réparations et mises en feu. . . .	32	
Réserve (avec feu dans la chauffe). .	25	
Chômage complet (hors feu). . . .	17	
Total.		365

La proportion relative des jours de chômage et des jours d'activité est plus grande que pour les fours consacrés à la fonte pour matte bronze (n° II). Les réparations sont ici plus fréquentes et les intermittences de travail dues à l'inégalité des arrivages de minerais riches sont plus prononcées : la chauffe et le pont doivent être refaits à neuf tous les trois mois; le four lui-même doit être complétement rebâti après une campagne de deux ans.

Frais de fusion pour 1 tonne de matières.

Pour établir les frais qu'entraîne cette opération, j'admets qu'elle s'applique exclusivement à la matte grillée et aux minerais bruts, et que les autres matières passées dans le lit de fusion y jouent plutôt le rôle de réactifs que de matières premières. A ce point de vue, les frais concernant une tonne de matières à élaborer doivent être établis ainsi qu'il suit :

IV. *Frais de fusion (pour matte blanche) pour* 1t,000 *de matières* (0t,691 *de matte grillée*, 0t,301 *de minerais bruts*, 0t,008 *de battitures de laminoir*).

MAIN-D'OEUVRE ET MATIÈRES.	JN ÉES.	SALAIRE par journée.	DÉPENSE totale.
Main-d'œuvre.		shil.	shil.
Ouvriers fondeurs. — Fusion proprement dite.	0,060	4,89	0,291
Id.— Transports.	0,273	4,89	1,335
Enfants. — Transport du combustible et du craya ; triage des escarbilles. .	[illegible]	[illegible]	0,160
	0,541	3,846	[illegible]
Matières.	tonnes.	Prix de la tonne.	
Combustible pour le travail normal. .	0,654		
Id. pour les travaux accidentels.	0,300		
	0,954	4,89	[illegible]
Sable pour les soles.	0,062	2,76	0,171
Briques réfractaires.	0,012	26,00	0,312
Argile réfractaire.	0,002	8,00	0,016
Entretien du mobilier.	»	»	0,126
Total.	. . . .	. . . . . .	7,176

La matte blanche, dans son plus grand état de pureté, est caractérisée par une couleur d'un gris-blanc très-clair ; considérée en grand, sa cassure est unie avec quelques indications de structure cristalline radiée ; considérée en petit, la cassure est grenue et criblée d'une multitude de cavités

Propriétés physiques et composition chimique de la matte blanche.

dont les plus grosses ne dépassent guère les dimensions d'une tête d'épingle; l'ensemble de ces caractères extérieurs rappelle à beaucoup d'égards les aciers fondus du Yorkshire. Je n'ai jamais pu découvrir dans cette matte blanche type, le moindre indice de cuivre métallique mécaniquement mélangé.

La matte produite dans la fonte IV offre ordinairement des caractères intermédiaires entre ceux que je viens d'indiquer et ceux d'un autre type extrême dont la couleur est le gris-noir bleuâtre présentant parfois des reflets violets et rougeâtres, avec un mélange mécanique de fines parcelles de cuivre métallique, plus ou moins irisé. La cassure est compacte, unie, souvent vitreuse et conchoïde; on y trouve ordinairement moins de bulles que dans la matte blanche. Ce qui distingue surtout ce type du précédent est la présence du cuivre métallique disséminé dans la masse, principalement dans les cavités bulleuses, en très-fines particules.

Cette présence habituelle du cuivre métallique dans la matte la plus chargée de sulfure de fer, et son absence absolue dans la variété la plus riche en cuivre, forment une singularité dont l'explication m'a été révélée par une suite d'expériences qui seront rapportées plus loin. Ayant retrouvé plus tard avec d'autres conditions les mêmes phénomènes dans les plus grandes usines à cuivre du continent européen et de la Sibérie, j'ai constaté que ce phénomène était lié à l'une des propriétés les plus caractéristiques des mattes cuivreuses. Je reviendrai sur ce sujet à l'occasion de la fonte n° V, dans laquelle ce dépôt de cuivre métallique s'opère d'une manière beaucoup plus fréquente

et avec des conditions encore plus singulières que dans la fonte n° IV.

J'ai trouvé pour la densité de deux fragments choisis dans les parties les moins bulleuses :

Matte blanche	(type très-pur).	5,70
Idem	(variété très-bleuâtre).	5,32

L'analyse de ces mêmes variétés a donné :

	Type très-pur.	Variété très-bleuâtre.
Cuivre.	0,774	0,648
Fer.	0,007	0,090
Nickel, cobalt, manganèse. .	traces	0,005
Etain, arsenic.	0,001	0,007
Soufre.	0,210	0,226
Scorie mélangée, sable. . . .	0,003	0,018
	0,995	0,994

La matte blanche des métallurgistes gallois est donc identique avec le cuivre sulfuré des minéralogistes : il est même assez rare que ce composé soit offert par la nature avec un tel degré de pureté. Lorsqu'elle se charge de sulfure de fer, la matte blanche prend une nuance plus foncée avec des reflets bleuâtres et rougeâtres ; elle s'approche ainsi progressivement de la matte bleue produite dans l'opération suivante.

La recherche du cuivre dans un mélange de nombreuses variétés de mattes blanches recueillies pendant un roulement de 15 jours, m'a donné 0,732 pour la teneur moyenne en métal. Pour simplifier un peu les calculs longs et compliqués auxquels donnait lieu la balance à établir dans les réactions métallurgiques de la fonte IV (§ 13, tableau IV), j'ai fait abstraction de la présence des métaux autres que le cuivre et le fer, et j'ai admis pour la composition moyenne de la matte blanche :

$$\left.\begin{array}{ll}\text{Cuivre.} & 0,732\\ \text{Fer.} & 0,063\\ \text{Soufre.} & 0,205\end{array}\right\}1,000$$

composition qui correspond exactement à la formule $8Cu^2Su + FeSu$.

Propriétés physiques et composition chimique de la scorie.

Les scories produites en même temps que les mattes blanches ont une couleur brun-olivâtre foncé : elles sont homogènes, parfaitement fondues, ordinairement exemptes de cavités et de bulles. La cassure considérée en petit est ordinairement grenue : on y voit cependant de fréquents indices d'une structure cristalline, et celle-ci devient très-prononcée dans certains échantillons qui se sont refroidis plus lentement que les autres. Beaucoup d'échantillons sont exempts de tout mélange mécanique de matte : et sous ce rapport cette scorie se montre en général plus pure que celle qui se produit dans la fonte n° II et qui est rejetée; dans plusieurs autres cependant, on remarque des grenailles d'un volume assez considérable et dont la présence est évidemment due aux remous qui se produisent pendant la coulée.

Par opposition à ce qui a lieu pour la scorie de la fonte II, l'analyse constate que les quantités relatives de cuivre et de soufre contenues dans chaque scorie IV, comparées à celles qui constituent la matte correspondante, indiquent toujours dans la première un excès de métal. Il est démontré par là que tout le cuivre n'est pas contenu dans la scorie à l'état de matte mélangée, et qu'en conséquence une certaine quantité d'oxyde cuivreux y forme toujours partie intégrante des silicates. Certains échantillons choisis, dans lesquels la loupe ne fait apercevoir aucune grenaille de matte, ne

donnent à l'analyse qu'une trace de soufre ; l'analyse indique également que la proportion de cuivre y varie de 0,010 à 0,020 ; ces variétés de scories présentent donc, pour ce qui concerne l'état de combinaison du cuivre, un cas exactement opposé à celui des scories de la fonte II. Les deux scories présentent encore cette différence essentielle qu'ici la teneur en cuivre est constante dans les diverses parties d'une même masse. J'ai trouvé dans six échantillons non mélangés de matte, pris, çà et là, à distances égales, à la partie supérieure d'une même coulée, les teneurs en cuivre indiquées ci-après :

1er échantillon. . .		0,010
2e	— . . .	0,010
3e	— . . .	0,009
4e	— . . .	0,011
5e	— . . .	0,010
6e	— . . .	0,009

Cette coulée de scories accompagnait une matte bleuâtre ; elle avait environ 0m,22 d'épaisseur ; j'y ai pris, à 0m,02 environ de la partie inférieure de la masse, et en regard des échantillons précédents, six autres échantillons que j'ai essayés en bloc pour avoir la teneur de la partie inférieure de la scorie : j'ai ainsi trouvé :

Partie supérieure de la scorie.	0,010
Partie inférieure.	0,013

Dans l'une et dans l'autre région, l'analyse n'a signalé qu'une trace de soufre.

Il n'y a pour ainsi dire pas de limite à la proportion de cuivre que tiennent certains fragments par suite du mélange mécanique de la matte. On voit dans chaque coulée des échantillons refroidis au contact de la matte et qui en tiennent évidem-

ment plus de 10 pour 100 de leurs poids; ce mélange, quoique peu fréquent, augmente considérablement la teneur moyenne des scories.

Quantité et état de combinaison du cuivre contenu dans la scorie.

Les scories les plus riches en cuivre combiné sont ordinairement produites dans les fontes qui donnent les mattes les plus blanches : elles sont particulièrement réservées pour la fonte n° VI; les scories les plus pauvres accompagnent les mattes les plus sombres et sont repassées de préférence dans la fonte n° II. L'analyse de prises d'essai faites pendant 15 jours par les soins d'un ouvrier soigneux et intelligent a prouvé que le mélange mécanique de matte est à peu près le même dans les deux variétés de scories et que la richesse en cuivre y dépend surtout de la dissolution chimique d'une dose plus ou moins considérable d'oxyde cuivreux. Pour simplifier autant que possible le calcul des réactions métallurgiques (§ 13, tableau IV), j'ai admis les résultats moyens indiqués ci-après, et qui concordent à très-peu près avec les résultats immédiats de l'analyse :

	Scorie pauvre pour la fonte II.	Scorie riche pour la fonte VI.
Cuivre combiné à l'état d'oxyde cuivreux	0,008	0,024
Cuivre mélangé, à l'état de matte.	0,029	0,029
	0,037	0,053

L'analyse complète de la scorie m'a d'ailleurs conduit à admettre pour ces deux variétés la composition indiquée ci-après :

		Scorie pauvre pour la fonte II.		Scorie riche pour la fonte VI.	
Silicates.	Silice.	0,338	0,960	0,330	0,960
	Oxyde cuivreux.	0,009		0,027	
	Oxyde ferreux. .	0,560		0,550	
	Alumine.	0,015		0,016	
	Magnésie.	0,003		0,003	
	Oxydes divers. .	0,021		0,020	
	Chaux.	0,014		0,014	
Matte.	Cuivre.	0,029	0,040	0,029	0,040
	Fer.	0,003		0,003	
	Soufre.	0,008		0,008	
	Totaux. . . .		1,000		1,000

Cette composition conduit à la formule B^5Si^6.

Pour étudier dans tous leurs détails les phénomènes qui se produisent dans cette fonte, j'ai suivi attentivement les réactions qui se manifestent successivement, et en même temps j'ai fait extraire par un ouvrier intelligent les matières qui existaient dans les diverses phases de l'opération. J'ai constaté de cette manière un certain nombre de faits sur lesquels me semble devoir être fondée la théorie de la production de la matte blanche. **Phénomènes observés pendant la fusion.**

Le premier produit fluide que l'on obtient est une matte beaucoup plus chargée de fer et de soufre que le produit définitif; elle se rassemble sur la sole après avoir filtré au travers des matières solides ou pâteuses : les lits de fusion qui contiennent du cuivre sulfuré et des mattes riches importées du Chili sous le nom de *régules*, en abandonnent déjà une proportion notable 2 heures après le commencement de la fonte. Entre la 3ᵉ et la 4ᵉ heure, on trouve ordinairement au-dessus

de la matte, une couche de scorie bien fondue, semblable à la scorie définitive, mais beaucoup plus chargée d'oxyde cuivreux ; au-dessus de celle-ci nage une matière scoriacée imparfaitement fondue, où l'on distingue encore tous les éléments du lit de fusion, et qui est très-chargée ici de quartz, là d'oxyde cuivreux, partout de sulfures métalliques retenus à l'état de mélange mécanique. Cette matière, incessamment exposée à la violence du feu, se modifie progressivement, soit en se résolvant en gaz, soit en cédant ses éléments fixes à la matte et à la scorie.

En essayant la matte et la scorie correspondante recueillies à diverses époques successives, dans une fonte dont les produits définitifs révélaient un roulement normal, j'y ai trouvé les proportions de cuivre indiquées ci-après :

			Matte.	Scorie.
3ʰ 10′	après le commencement de la fonte.		0,54	0,09
4 00	*Id.*		0,52	0,08
5 00	*Id.*		0,65	0,05
5 50	*Id.*	(produits définitifs).	0,74	0,035

Deux opérations simultanées : fusion des matières et affinage de la matte.

Ces faits m'ont conduit à adopter pour l'ensemble des réactions (1) qui concourent à former la matte blanche, la théorie que je vais exposer. La fonte pour matte blanche comprend, à vrai dire, deux opérations qui se pratiquent successivement dans le même four, savoir : la *fusion des ma-*

---

(1) Ces réactions caractéristiques de la méthode galloise se reproduisent tantôt accidentellement, tantôt comme moyen d'action plus ou moins essentiel, dans la plupart des fonderies du continent. Je n'essaierai pas toutefois de montrer la généralité de cette théorie, ce qui me conduirait à présenter ici une sorte de traité de la métallurgie du cuivre.

tières et l'*affinage de la matte*. Les trois premières heures de chaque fonte sont consacrées presque exclusivement à la fusion : celle-ci se continue encore néanmoins pendant les deux tiers de la dernière époque du travail, sur les éléments les plus réfractaires de la charge. Les trois dernières heures sont essentiellement consacrées à l'affinage de la matte déjà réunie sur la sole, et de celle qui continue à se dégager des matières imparfaitement fondues.

La fusion qui donne la matte, puis la scorie, commence d'abord à se produire sur les sulfures métalliques ; ce n'est point toutefois une simple liquation, car la température qui est nécessaire pour fondre les sulfures est suffisante pour déterminer une réaction entre ceux-ci et les oxydes qui se trouvent en contact avec eux. L'oxyde cuivrique surtout réagit sur les sulfures de fer et de cuivre, en produisant du cuivre métallique, de l'oxyde ferreux et de l'acide sulfureux. Les sulfures non décomposés n'étant point complétement saturés de métaux dissolvent le cuivre ; ils se rassemblent peu à peu au fond de la sole, et ce phénomène continue tant qu'il reste dans le lit de fusion des sulfures et des oxydes non fondus. Lorsque la température est devenue plus élevée, les éléments des silicates commencent à leur tour à réagir : la silice se combine directement avec l'oxyde ferreux, l'oxyde cuivreux, et la petite quantité d'oxydes terreux qui se trouvent en présence : le produit fusible qui résulte de cette première réaction abandonne les sulfures qui étaient restés mécaniquement mélangés aux matières non fondues, et commence lui-même à se rassembler en une masse fluide homogène. Après 3 heu-

res environ, il s'est déjà produit deux couches fluides superposées, savoir : une scorie très-chargée d'oxyde cuivreux ; une matte plus riche en cuivre que la moyenne des sulfures du lit de fusion, mais moins riche que la matte, produit définitif de la fonte.

Considérations spéciales sur l'affinage de la matte.

L'affinage ou l'enrichissement de la matte d'abord liquatée commence dès que la scorie se trouve en contact avec elle : la réaction caractéristique de cet affinage est celle du sulfure ferreux (Fe Su) de la matte sur l'oxyde cuivreux (Cu^2O) de la scorie : le fer et le cuivre s'échangent mutuellement entre ces deux composés sans aucun déplacement des autres substances combinées, et de ce déplacement résultent l'appauvrissement de la scorie et l'enrichissement de la matte. Ce double phénomène continue, sans dépôt de cuivre et sans dégagement de gaz sulfureux, tant qu'il existe à la fois du sulfure ferreux dans la matte et de l'oxyde cuivreux dans la scorie. L'observation des phénomènes démontre en effet qu'il ne peut se produire dans la fonte IV aucune autre réaction.

Le sulfure cuivreux de la matte, s'il réagissait sur l'oxyde cuivreux de la scorie, ne pourrait produire que de l'acide sulfureux, qui se dégagerait sous forme de gaz, et du cuivre qui se déposerait; or on ne voit se former aucun de ces deux produits; le sulfure ferreux ne peut réagir par ses deux éléments sur l'oxygène de l'oxyde cuivreux, car, dans cette hypothèse, la réaction entraînerait encore un dépôt de cuivre dont on ne voit aucune trace. Le fait de l'enrichissement progressif de la matte et de l'appauvrissement également progressif de la scorie sans aucun dépôt de cuivre

métallique et sans dégagement d'acide sulfureux, ne peut donc s'expliquer que par un simple échange de métaux entre la scorie et la matte, c'est-à-dire par une double décomposition analogue à celles qui se produisent, par voie humide, entre les dissolutions salines.

Tandis que ce phénomène se produit au contact de deux fluides, la surface de la scorie reste, pendant longtemps encore, recouverte de matières non fondues plus ou moins agglomérées qui contribuent elles-mêmes puissamment, entre la 3e et la 5e heure, au progrès des réactions. La double liquation de la matte et du silicate d'oxyde cuivreux continue en effet à s'y produire avec dégagement d'acide sulfureux. La matte traversant constamment la scorie en gouttelettes très-divisées, s'y affine rapidement par les mêmes affinités qui agissent au contact des deux fluides, tandis que le silicate cuivreux, se dissolvant dans la scorie à mesure qu'il y afflue, vient sans cesse y raviver la réaction exercée sur l'élément le plus oxydable de la matte. Le renouvellement des surfaces de contact, si nécessaire au progrès des réactions, se trouve produit dans la matte inférieure par la plus grande densité de la matte affinée qui tend à gagner le fond du bain; dans la scorie, par l'arrivée incessante de nouvelles matières. Ici encore on ne saurait trop admirer l'efficacité de cette disposition simple et ingénieuse qui, substituant à la force de l'homme celle de la gravité, accomplit, par la seule influence des agents naturels, des phénomènes extrêmement complexes, et qui, conçus *à priori*, sembleraient ne pouvoir être réalisés que par l'intervention soutenue de l'intelligence humaine.

Avantages dérivant de l'emploi de matières non pulvérisées.

Cette explication des phénomènes soulève une objection : il peut sembler inutile au premier aperçu de produire d'abord une matte pauvre et une scorie riche, qui ne donnent lieu ensuite que par des réactions lentes, et par conséquent avec une certaine dépense de temps et de combustible aux deux produits définitifs de l'opération. Comme tous les éléments de la réaction définitive existent dans le lit de fusion, il semblerait plus rationnel de mettre tout d'abord en mélange intime la matte avec les minerais, les scories de rôtissage et d'affinage, et en général avec toutes les substances riches en oxydes de cuivre et en silice qui doivent réagir sur elle. La pulvérisation et le mélange complet des matières, en déterminant des réactions presque instantanées, abrégeraient considérablement la durée de l'opération, et il semble évident que les frais de cette préparation mécanique seraient avantageusement compensés par l'épargne de la main-d'œuvre et du combustible. Consultés sur ce point, les plus habiles ouvriers n'ont pas hésité à condamner toute modification apportée dans ce sens aux manipulations ordinaires : ils tiennent beaucoup à introduire les minerais oxydés riches avec les dimensions qui leur sont laissées lors de la vente ; enfin ils regardent comme essentiel de projeter en gros fragments à la surface du lit de fusion les matières les plus riches en silicates cuivreux, les débris de fourneau, les scories de rôtissage et d'affinage, etc.

Expériences montrant les inconvénients du mélange intime des matières à fondre.

Diverses expériences faites à ma demande avec le concours d'un habile chef de fonderie, dans un atelier où dix fours opéraient simultanément sur divers lits de fusion, ne m'ont laissé aucun doute

sur la parfaite convenance de la méthode usuelle. Les mêmes lits de fusion qui dans les conditions ordinaires donnent d'excellents résultats, s'élaborent effectivement plus vite par un mélange préalable plus intime des matières; mais en balance de cet avantage se révèlent de graves inconvénients : la sole se corrode rapidement, ce qui offre le double inconvénient d'exiger plusieurs réparations dans le cours d'une campagne hebdomadaire et de donner des scories moins riches en oxyde ferreux, moins propres par conséquent à servir de fondant dans la fonte n° II. Il se produit souvent, outre la matte, une certaine quantité de cuivre métallique qui, ne pouvant acquérir par l'affinage définitif (IX° et X° opérations) une qualité comparable à celle du cuivre fourni par la matte blanche se vend toujours à un prix moins élevé; enfin l'ouvrier se trouve privé des indices qui dans la méthode ordinaire permettent d'apprécier la convenance de conserver ou de modifier le dosage adopté.

Ces mêmes expériences, et surtout mes entretiens avec les fondeurs, m'ont mis sur la voie de reconnaître pourquoi la pratique usuelle est exempte de ces inconvénients. La liquation préalable des matières sulfureuses de richesse moyenne recouvre tout d'abord la sole d'un enduit qui, non-seulement est sans action sur elle, mais qui plus tard la préserve efficacement contre l'action corrosive qu'exerceraient les oxydes métalliques du lit de fusion. Dans la manipulation usuelle les sulfures plus fusibles que tous les éléments du lit de fusion, filtrent aisément au milieu des oxydes cuivreux chargés en fragments; ils seraient retenus dans un mélange compacte de matières pulvéru-

lentes et ne se dégageraient qu'après avoir été décomposés en grande partie par les oxydes, au moment où la masse tout entière entrerait en fusion, et par conséquent lorsque les oxydes auraient déjà pu saturer partiellement leurs affinités au détriment de la sole.

Lorsque le fondeur, non averti d'un changement brusque survenu dans la nature des matières riches associées à la matte grillée, se trouve conduit à introduire dans le lit de fusion un excès de cuivres oxydés, cette circonstance, dans la manipulation ordinaire, n'exerce aucune influence fâcheuse sur la qualité du produit : la scorie plus riche que dans le dosage normal affine un peu plus vite la matte pauvre d'abord formée; elle retient à la fin de l'opération une plus forte dose de silicate d'oxyde cuivreux; mais il n'y a point à craindre que ce silicate détermine la précipitation du cuivre métallique. Lorsqu'au contraire dans ces mêmes conditions il y a mélange intime de matières, le cuivre métallique se produit tout d'abord entraînant en combinaison, ainsi que l'expérience le prouve, des substances qui en altèrent la qualité et que l'art ne peut plus dorénavant expulser.

Inconvénients de la production du cuivre métallique dans la fonte pour matte blanche.

L'étude des faits m'a d'ailleurs conduit à expliquer par les motifs suivants la mauvaise qualité du cuivre métallique qui se produit accidentellement dans la fonte IV. La matte grillée et les minerais riches contiennent en général une certaine proportion d'arsenic à l'état de sulfure, d'arséniates, etc.; or, dans le cas où tous les éléments du lit de fusion réagissent simultanément l'un sur l'autre, une partie considérable de l'ar-

senic passe dans la matte sous l'influence des sulfures métalliques, et si de plus il y a production de cuivre métallique, ce dernier en entraîne toujours une proportion très-notable. Dans les mêmes conditions le cuivre manifeste une grande tendance à précipiter certains métaux et surtout l'étain, le nickel et le cobalt, qui ne se laissent pas séparer ensuite dans l'affinage. Dans la manipulation ordinaire, ces inconvénients se trouvent évités en grande partie : sous l'influence de la silice les arséniates métalliques se décomposent; l'arsenic ne pouvant entrer à aucun état de combinaison dans la composition des silicates est expulsé à l'état gazeux. En se combinant préalablement avec la silice, l'oxyde cuivreux reçoit donc un véritable affinage. Il en est de même pour ce qui concerne l'étain, le nickel et le cobalt qui, après s'être combinés avec la silice, ont moins de tendance que le fer à passer dans la matte. Il faut noter en outre que la portion d'arsenic et de métaux nuisibles qui se combine avec la matte blanche peut en être assez complétement séparée plus tard pendant le rôtissage (voir § 2, IXe opération), tandis qu'on manque de moyens analogues de purification pour le cuivre métallique.

L'analyse d'un cuivre de mauvaise qualité, précipité accidentellement dans la fonte IV, m'a donné (§ 16,8):

Cuivre.	0,920	
Fer.	0,008	
Soufre.	0,035	0,991
Nickel et cobalt.	0,007	
Arsenic et étain.	0,021	

Dans la méthode ordinaire, l'ouvrier tire un

utile enseignement, pour ce qui concerne la conduite de l'opération même et le dosage ultérieur, des phénomènes qui se produisent successivement, savoir : de la liquation plus ou moins rapide des sulfures et des silicates; de l'ébullition plus ou moins vive qui se produit dans les matières en fusion, etc. Ces indices manquent complétement dans le cas d'un mélange intime, où toutes les réactions s'opèrent, pour ainsi dire, simultanément.

En résumé, la discussion approfondie des faits justifie de tout point la pratique des fondeurs; elle fournit aussi une confirmation nouvelle des vues avancées dans l'introduction de cet ouvrage (p. 22) touchant la nature complexe et délicate des méthodes métallurgiques.

Il s'en faut de beaucoup cependant que j'aie pu aborder pendant les divers séjours que j'ai faits sur les lieux toutes les recherches auxquelles cette seule fonte pouvait donner lieu : la convenance de restreindre cet ouvrage entre certaines limites m'oblige d'ailleurs à omettre ici beaucoup de faits et de considérations qui feraient apercevoir l'étendue réelle de questions à peine abordées dans ce paragraphe. C'est ainsi, par exemple, que j'ai passé sous silence plusieurs observations qui me conduisent à penser que la réaction qui caractérise essentiellement l'*affinage de la matte*, fait passer dans la scorie non-seulement le fer d'abord combiné à cette matte, mais encore les métaux nuisibles, tels que le nickel, le cobalt, l'étain, le manganèse, etc. Cette discussion suffit néanmoins pour établir dans leurs points fondamentaux, la pratique et la théorie de la fonte pour matte blanche; elle prouve que cette opération si simple en

apparence, dans laquelle, à première vue, l'intervention humaine se fait à peine sentir, est dans la réalité plus complexe que les préparations chimiques les plus délicates accomplies dans les laboratoires. Elle fera comprendre à tout esprit philosophique que la connaissance des lois générales de la mécanique, de la physique et de la chimie ne renferme point encore la théorie de manipulations si complexes et si spéciales; que les ouvriers qui gouvernent d'une manière si sûre tant de phénomènes inconnus des savants peuvent logiquement, sans encourir le reproche de routine, repousser sur leur simple énoncé de prétendus perfectionnements qui ne tiennent nul compte de ces phénomènes, c'est-à-dire des conditions essentielles du succès.

Si l'on considère enfin que l'étude approfondie de l'opération métallurgique la plus simple suggère infailliblement, avec des aperçus scientifiques nouveaux, des remarques analogues, il sera permis de conclure qu'entre les faits et les lois qui forment aujourd'hui le domaine des sciences physiques et les faits innombrables qui se pratiquent journellement dans les fonderies, il existe une science d'application, *la métallurgie*, qui doit leur servir de lien; que, comme toutes les autres sciences physiques, la métallurgie doit être essentiellement fondée sur l'observation des faits; que cette dernière enfin, quand elle sera constituée, contribuera infailliblement à étendre le domaine des sciences pures et, avec le concours de celles-ci, à perfectionner la pratique des ateliers.

§ 7. — V° OPÉRATION. — *Fabrication de la* matte bleue, *ou fonte de la matte bronze grillée, avec les minerais grillés de richesse moyenne.*

But de l'opération ; ses relations avec les trois opérations suivantes.

La plupart des manipulations pratiquées à l'occasion de la fonte V sont analogues à celles qui ont été précédemment décrites ; à beaucoup d'égards, elles sont entièrement identiques avec celles de la fonte IV : une remarque semblable peut être faite au sujet des trois opérations suivantes. La fonte VI est, dans ses principaux détails, exécutée comme les fontes IV et V ; enfin, les opérations VII et VIII ne sont, à vrai dire, que des cas particuliers de la IX° opération ; je me bornerai donc, dans les §§ 7 à 10, à mettre en relief le but spécial et les particularités distinctives de chacune de ces quatre opérations, et je renverrai la description des détails communs aux six opérations aux paragraphes concernant les opérations IV et IX.

Deux subdivisions dans les dix opérations du travail gallois : travail ordinaire et extraordinaire.

La fonte V, et les rôtissages VII et VIII, qui n'en sont, à vrai dire, que le complément, ont essentiellement pour but de fabriquer une matte plus riche et surtout plus pure que la matte blanche ordinaire de la fonte IV. On y parvient précisément en produisant, dans trois opérations successives, des réactions plus efficaces, plus variées, plus complètes que celles qui dans le travail usuel s'accomplissent toutes dans une seule fonte. C'est par ce motif que dans les fonderies galloises ces trois opérations sont groupées sous le nom *travail extraordinaire* (extra process), par opposition au *travail ordinaire* qui fait l'objet de la fonte IV.

Ces deux subdivisions du travail gallois sont cependant liées intimement l'une à l'autre sous trois points de vue principaux; elles emploient une matière première commune, la matte bronze grillée; leurs produits définitifs sont tous soumis à la IXe opération; enfin, l'un des produits accessoires de la fonte IV, la plus riche scorie de ce travail, soumise à la fonte VI, donne lieu à des mattes qui passent aux opérations VII et VIII comme la matte bleue de la fonte V. Les deux séries de travaux se trouvent donc directement unies par la fonte VI, dont j'ai cru, par ce motif, devoir intercaler la description dans la série du travail extraordinaire (voir le tableau synoptique, *Pl. III, fig.* 7).

Sous un autre rapport cependant, il existe une distinction essentielle entre les deux branches de la méthode galloise : les produits du travail extraordinaire doivent leur qualité supérieure, non-seulement à un travail plus soigné, mais encore à un meilleur choix de minerais. Depuis long-temps, l'expérience a fait connaître les minerais indigènes et étrangers qui soumis au même traitement donnent, soit des cuivres de qualité moyenne, soit des cuivres, à classer hors ligne par leurs bonnes ou par leurs mauvaises qualités. Les minerais donnant des cuivres de qualité supérieure sont en général élaborés pour fournir à la fonte V, soit la matte bronze, soit les minerais grillés; les minerais de qualité moyenne sont soumis au travail ordinaire qui a été plus particulièrement décrit à l'occasion des quatre opérations précédentes; enfin, les minerais de qualité très-inférieure, traités de la même manière que les précédents, mais dans

Différences essentielles entre les deux subdivisions.

des fourneaux spéciaux et dont les produits ne se mêlent jamais à ceux du travail ordinaire, sont élaborés séparément jusqu'à l'affinage définitif inclusivement. C'est de ces diverses combinaisons et de celles que font naître, pour chaque série de minerais, les divers incidents du travail, que résultent les nombreuses variétés de cuivre qui sont maintenant classées dans le commerce général des métaux, et dont je présenterai ci-après la classification (§ 12). Conformément à ce principe, la matte bronze grillée qui entre dans le lit de fusion de la fonte V, est parfois préparée avec des minerais de choix; souvent elle est identique avec celle qu'on passe à la fonte IV, dans le travail ordinaire; mais dans tous les cas on y associe un minerai grillé (2ᵉ classe) choisi parmi les cuivres pyriteux les plus purs et les plus riches (*voir* § 3, 1ʳᵉ opération). On n'ajoute au lit de fusion aucun minerai brut, ni aucun autre fondant que ceux fournis par la liquéfaction spontanée de la sole et des parois du four.

Matières premières et combustibles. Le mélange de combustibles est le même que celui qui est employé pour la fonte IV; il y a également identité entre les deux opérations pour ce qui concerne le nombre et les attributions des ouvriers attachés à chaque fourneau, le salaire journalier, la disposition des fourneaux, le service des transports de matières premières et de produits, le travail de la fusion, etc. Les consommations journalières de main-d'œuvre et de combustible, de même que les époques d'activité et de chômage des trois fourneaux, sont exactement les mêmes que celles qui se rapportent aux dix fourneaux de la fonte IV. La seule chose qui va-

rie est la composition de la charge : la plus grande proportion de sulfures métalliques contenue dans le lit de fusion, rend plus faciles et plus promptes les réactions métallurgiques et la fusion complète des matières; on peut donc élaborer dans le même temps une charge plus considérable. L'expérience a montré qu'en laissant constante la durée de l'élaboration d'une charge, on peut porter dans la fonte V le poids des matières à fondre à 2 tonnes.

Composition moyenne des charges.

Comme dans le cas précédent, on passe par semaine 22 charges composées moyennement comme suit :

Matières cuivreuses.	Matte bronze grillée. . . .	1t,592	t. 2,000
	Minerai grillé de richesse moyenne.	0,408	
Fondants.	Sable des soles.	0,185	0,203
	Briques.	0,018	
	Total.		2,203

Balance des matières premières et des produits.

Les matières premières et les produits de l'opération présentent les rapports indiqués ci-après :

BALANCE DE LA FONTE POUR MATTE BLEUE.

Matières premières.		Produits.	
Matte bronze grillée de III. .	0,722	Matte bleue, pour VII. . . .	0,495
Minerai grillé (2e classe). . .	0,185	Scorie, pour fonte II. . . .	0,434
Matières terreuses : sable. .	0,084	Débris de fourneaux, pour IV.	0,008
— briques .	0,009	Acide sulfureux.	0,056
		Oxygène.	0,007
	1,000		1,000

Le temps d'activité et de chômage de chaque four se subdivise exactement comme dans la fonte pour matte blanche.

L'accroissement du poids de la charge diminue les frais de fusion de chaque tonne de matières, ainsi que l'indique le tableau ci-après :

V. ***Frais de fusion (pour matte bleue), pour 1 tonne de matières*** (0t,796 ***de matte bronze grillée et*** 0t,204 ***de minerai grillé***).

MAIN-D'OEUVRE ET MATIÈRES.	JOURNÉES.	SALAIRE par journée.	DÉPENSE totale.
Main-d'œuvre.		shil.	shil.
Ouvriers. — Transport et fusion des matières premières et des produits.	0,253	4,89	1,237
Enfants. — Transport du combustible et du craya	0,135	0,85	0,115
	0,388	3,49	1,352
Matières.	tonnes.	Prix de la tonne.	
Combustible pour le travail normal. .	0,475		
— pour les travaux accidentels.	0,231		
	0,706	4,89	3,452
Sable pour soles.	0,045	2,75	0,124
Briques réfractaires.	0,009	26,00	0,234
Argile réfractaire.	0,002	8,00	0,016
Entretien du mobilier.	»	»	0,090
Total.	. . . . . .	. . . . . .	5,268

Propriétés et composition de la matte bleue.

Plus riches en sulfures métalliques et moins chargées d'oxydes métalliques que le lit de fusion de la fonte IV, les matières passées à la fonte V donnent toujours une matte plus chargée de soufre et de fer que ne l'est la matte blanche ordinaire. La matte de la fonte V se distingue dans la cassure fraîche faite à froid par une couleur gris foncé; cassée à chaud, mais à une tempé-

rature inférieure au rouge, elle prend de belles nuances bleues qui rappellent certains minerais panachés, et c'est sans doute à cette circonstance qu'elle doit le nom de matte bleue qui lui est généralement donné dans les fonderies galloises. Elle présente toujours une cassure moins unie que la matte blanche, et la masse est ordinairement ou plus compacte ou pénétrée de plus grandes cavités. L'analyse du mélange de toutes les variétés de mattes bleues produites pendant une semaine dans l'un des fours consacrés à cette fonte, a donné le résultat suivant :

Cuivre.	0,567	0,993
Fer.	0,163	
Nickel, trace de manganèse.	0,016	
Etain, trace d'arsenic.	0,012	
Soufre.	0,230	
Scorie mélangée.	0,005	

On a admis (§ 13, tableau V), dans le calcul des réactions métallurgiques de la fonte V, que la matte bleue avait la composition suivante qui correspond à un mélange mécanique de matte et de cuivre métallique :

Cuivre.	0,572	1,000
Fer.	0,185	
Métaux divers.	0,010	
Soufre.	0,233	

Cette composition est approximativement représentée par la formule : $0{,}8Cu + 3Cu^2Su + 2(Fe,m.d.)Su$.

J'ai remarqué parmi les mattes bleues de la fonte V, une variété rougeâtre, plus chargée de cuivre, qui correspond à peu près à la *matte mince* de plusieurs fonderies du continent : elle a pour formule : $1{,}3Cu + 3Cu^2Su + 2(Fe,m.d.)Su$, et est composée comme suit :

Cuivre.	0,616	1,000
Fer.	0,158	
Métaux divers.	0,006	
Soufre.	0,220	

Composition de la scorie.

La scorie destinée à la fonte II contient toujours, outre l'oxyde cuivreux chimiquement combiné, une proportion notable de matte mécaniquement mélangée. On a admis, pour le calcul des réactions métallurgiques, la composition moyenne suivante qui correspond à un sesquisilicate B^2Si^3.

Silicate.	Silice.	0,360	0,360	1,000
	Oxyde cuivreux.	0,007	0,598	
	Oxyde ferreux.	0,544		
	Alumine.	0,008		
	Magnésie.	0,002		
	Oxydes divers.	0,025		
	Chaux.	0,012		
Matte.	Cuivre.	0,024	0,042	
	Fer.	0,008		
	Métaux divers.	0,000		
	Soufre.	0,010		

Réactions métallurgiques

Les réactions caractéristiques de la fonte V sont analogues à celles de la fonte IV. La première impression de la chaleur détermine la liquation des sulfures avec une réaction partielle sur les oxydes du lit de fusion. L'oxyde cuivreux en particulier réagit par son oxygène sur le soufre et le fer des sulfures en donnant lieu à de l'acide sulfureux qui se dégage et à de l'oxyde ferreux qui se combine avec la silice ; le cuivre mis en liberté se combine avec la matte qui se trouve ainsi doublement enrichie, soit par l'arrivée d'une nouvelle dose de cuivre, soit par le départ d'une certaine quantité de sulfure ferreux. Tandis que cette réaction se continue dans les matières qui pendant longtemps résistent à la fusion, un silicate plus ou moins chargé d'oxyde cuivreux commence à se liquater à son tour, et alors commence cet affinage lent, caractéristique des fontes galloises, dans lequel l'oxyde cuivreux du silicate et

le sulfure ferreux de la matte réagissant mutuellement, produisent, sans aucun dégagement de gaz, du sulfure cuivreux qui enrichit la matte, et de l'oxyde ferreux qui passe dans la scorie.

J'ai annoncé (§ 6, p. 418) que la matte blanche, dans son plus grand état de pureté, ne contient jamais de cuivre métallique mécaniquement mélangé, tandis qu'on en rencontre ordinairement quelques indices dans les variétés les plus ferreuses. Cette particularité m'a tout d'abord vivement préoccupé, car il semblait inexplicable que le cuivre eût tendance à se précipiter précisément dans les mattes les moins saturées de cuivre. L'étude de la fonte V, où la matte produite est toujours moins saturée de cuivre que celle de la fonte IV, vint plus tard m'offrir une confirmation plus décisive du même fait. Le cuivre métallique, qui peut être considéré comme accidentel dans la matte blanche, est au contraire caractéristique pour la matte bleue: parfois il est disséminé dans la masse compacte de la scorie en particules extrêmement fines, à peine perceptibles à l'œil, mais qui se voient très-distinctement à la loupe; plus ordinairement il s'y réunit çà et là par petites masses sans consistance et en quelque sorte pulvérulentes; quelquefois on le voit, sous forme de filaments soyeux à couleurs vives et irisées, tapisser les parois de petites cavités; jamais il n'est réuni en globules distinctement fondus, comme celui qui, dans les opérations suivantes, se trouve mécaniquement mélangé aux scories de rôtissage et d'affinage. Enfin, ce qui rendait au premier aperçu le phénomène encore plus inexplicable, c'est que les fontes dans lesquelles, par suite d'un mauvais dosage des ma-

Présence habituelle du cuivre métallique dans la matte bleue.

tières, il se dépose au-dessous de la matte une certaine quantité de cuivre noir (désigné par les ouvriers sous le nom de *bottoms*), sont précisément celles dans lesquelles la matte est le plus exempte de cuivre, tandis que les mattes les plus chargées de cuivre proviennent toujours des fontes dans lesquelles il ne s'est pas produit de *bottoms*.

Théorie de la production du cuivre métallique dans la matte bleue.

L'ensemble des phénomènes observés dans les ateliers consacrés aux fontes IV et V m'a conduit à la théorie suivante, qui explique tous les faits particuliers à la méthode galloise, et qui, en outre, jette un grand jour sur une multitude d'opérations propres aux usines à cuivre du continent européen; d'ailleurs, ainsi que je l'indiquerai plus loin, j'ai soumis cette théorie à l'épreuve, au moyen de diverses expériences, et surtout en produisant à volonté les phénomènes d'une manière plus tranchée qu'ils ne se présentent dans le cours ordinaire des choses.

Le cuivre métallique, dont la présence caractérise les mattes bleue et rouge, ne se dépose pas pendant la fonte même; c'est un produit postérieur qui ne se forme que quand les matières sont déjà extraites du fourneau. Lorsque, après la coulée, la matte et la scorie se sont superposées dans la rigole destinée à les recevoir, ces deux matières continuent pendant quelque temps à réagir comme elles le faisaient dans l'intérieur du four, et à faire échange des deux métaux. Mais les affinités se modifient peu à peu par le refroidissement progressif des deux substances réagissantes. Il arrive un moment où la matte, parfaitement fluide encore, tombe à la température où le cuivre tend à prendre l'état solide; dès ce moment la réaction

devient simple de double qu'elle était; le fer de la matte se combine avec l'oxygène de l'oxyde cuivreux ; mais le cuivre mis en liberté, au lieu de se combiner avec le soufre précédemment com biné au fer, se dépose en quelque sorte à l'état moléculaire, la température n'étant plus assez élevée ni pour forcer le cuivre à se combiner avec la matte, ni pour le réunir en globules décidément fondus. Le phénomène se produit donc dans cette époque du refroidissement de la coulée, où la matte et la scorie conservent encore l'état fluide à leur surface de contact, et où la température de la matte est déjà voisine du terme où le cuivre se solidifie.

Causes de l'absence habituelle du cuivre dans la matte blanche.

Cette théorie explique toutes les circonstances que j'ai précédemment signalées. En effet, si le cuivre métallique qui caractérise les mattes bleue et rouge était déjà formé dans le four avant le moment de la coulée, on ne concevrait pas qu'à la température blanche qui règne dans le four le métal conservât cet état pulvérulent ou filiforme qu'on observe dans la matte refroidie, et qu'il ne se réunît pas en masse à la partie inférieure du bain. On comprend très-bien qu'une matte blanche pure ne se charge pas de cuivre, puisqu'elle ne contient pas le sulfure de fer, c'est-à-dire le réactif indispensable à la précipitation du métal, tandis que la matte bleue, fortement chargée de sulfure de fer, se prête parfaitement à cette réaction.

Expériences sur la précipitation du cuivre dans les mattes.

J'ai entrepris à cette occasion diverses expériences dont cette théorie suggère aussitôt la pensée : ayant fait couler dans un réservoir particulier, et sans mélange de scories, une partie de la même

matte qui, dans la coulée principale, se chargeait d'une grande quantité de cuivre, j'ai constaté que cette première partie en était toujours exempte; j'ai ainsi démontré directement qu'un refroidissement graduel de la matte opéré au contact de la scorie est la condition première du dépôt cuivreux. Ayant remarqué que des mattes bleues, identiques par leurs caractères extérieurs, se chargeaient de quantités fort inégales de cuivre métallique, j'ai soupçonné que cette circonstance devait être attribuée à une variation dans la proportion d'oxyde cuivreux dissous dans le silicate; il doit arriver en effet, si cette théorie est exacte, que, pour une même teneur en sulfure ferreux, la matte doit produire d'autant plus de cuivre que la scorie est plus chargée d'oxyde cuivreux : j'ai, en effet, vérifié plus tard cette présomption par l'analyse. Enfin, j'ai pensé que je pourrais à volonté stimuler la production du cuivre métallique en un point déterminé d'une coulée des fontes IV et V, en introduisant soit du sulfure de fer dans une matte très-blanche, soit de l'oxyde cuivreux dans une scorie peu chargée de cet oxyde. Ces expériences, que j'ai souvent répétées en employant comme excitants la matte bronze et ces matières fondues riches en oxyde cuivreux qui se forment à la fin de l'affinage (X^e opération), ont toujours répondu à mon attente. Ce succès m'avait fait espérer qu'en graduant convenablement le refroidissement des matières, je parviendrais à produire du cuivre cristallisé. Après une suite d'essais, j'ai été conduit à opérer de la manière suivante. Dans le milieu de la rigole de coulée, je pratiquais un réservoir en forme de calotte sphérique, de $0^m,60$ de diamètre, profond au centre

de $0^m,25$, et où cette profondeur allait graduellement en diminuant vers le bord. Ce bassin, en communication avec le reste de la rigole, se trouvait complétement rempli de matte, puis recouvert d'une masse de scorie ayant environ $0^m,25$ d'épaisseur; dès que la coulée était achevée, j'introduisais, selon la nature des matières sur lesquelles j'opérais, une dose plus ou moins forte de matte bronze très-ferreuse, en un point de la matte bleue, et une dose équivalente de silicate cuivreux dans la région correspondante de la scorie; puis aussitôt que la pellicule supérieure de cette scorie était solidifiée, je projetais à la surface du charbon pulvérulent et une masse considérable de sable, de manière à préserver autant que possible les matières fondues de toute cause brusque de refroidissement.

Ces essais, que je n'ai pu prolonger autant que je l'aurais désiré dans des ateliers où l'on se préoccupe peu de questions scientifiques, ne m'ont point fourni le produit en vue duquel je les avais entrepris; mais ils m'en ont fourni un autre tout à fait inattendu et encore plus curieux. L'un de ces essais m'a présenté, au contact de la matte et de la scorie, une vaste géode ayant au moins une capacité de 200 centimètres cubes, remplie en totalité de cuivre groupé en fils extrêmement déliés, irisés des plus vives couleurs, et offrant à peu près la flexibilité des fils provenant de matières organiques. L'ensemble de ce dépôt avait à peu près la consistance d'une grosse masse d'étoupes. L'analyse dont le résultat est rapporté ci-après, prouve que ces fils se composent de cuivre presque pur :

Formation d'un produit singulier : le *cuivre fibreux*.

Cuivre (dosage direct). . .	0,982	0,994
Fer.	0,004	
Nickel.	0,006	
Sable et charbon mélangé.	0,002	

Les faits que je viens de rapporter me paraissent suffisamment motiver la théorie que je propose : et il me semblerait difficile de la repousser en voyant les échantillons que j'ai recueillis pour les collections métallurgiques de l'École des mines de Paris. Depuis 1842, elle m'a été d'un grand secours pour l'étude des usines à cuivre de Suède, de l'Allemagne du nord, de Hongrie et de Sibérie. J'ai pu d'ailleurs y constater la production spontanée du cuivre fibreux dans des conditions analogues à celles du pays de Galles, ou provoquer artificiellement la formation du même produit.

§ 8. — VIe OPÉRATION. — *Fabrication des* mattes blanche et rouge (de scories) *ou refonte de scories riches des opérations IV, VII et VIII.*

But et principe de l'opération. La refonte des scories est encore l'une de ces opérations caractéristiques de la méthode galloise qui, par leur principe même, diffèrent radicalement des opérations analogues pratiquées dans les fonderies du continent. Dans ces dernières, en effet, les cuivres provenant de la refonte des scories sont ordinairement de qualité tout à fait inférieure ; tandis que dans les usines galloises ils constituent la sorte la plus estimée, si connue aujourd'hui dans le commerce sous le nom de *best selected.*

Les matières premières de ce travail sont des scories riches en oxyde cuivreux que fournissent les opérations IV, VII et VIII. On se propose essentiellement de faire passer ce cuivre dans une matte toujours plus riche que la matte bleue

de la fonte V, et l'on y parvient surtout en faisant réagir mutuellement l'oxyde cuivreux de ces scories et une matte dont les éléments proviennent soit des grenailles mécaniquement mélangées aux scories, soit des sulfures cuivreux et ferreux très-purs fournis par certaines variétés de minerais. Cette réaction, dont le principe a été expliqué avec détail au §. 6, ne produirait qu'une matte; mais l'expérience a conduit les fondeurs à reconnaître qu'on améliorait notablement la qualité de celle-ci en précipitant une certaine quantité de cuivre; ils ajoutent à cet effet au lit de fusion du charbon menu dont le contact avec la scorie réduit une portion de l'oxyde cuivreux. Le cuivre métallique ainsi révivifié traverse la scorie et la matte et se réunit au-dessous de celle-ci où il forme ordinairement deux couches distinctes; l'inférieure n'est autre chose qu'un cuivre noir très-impur nommé *fonds* (*bottoms*); la supérieure est composée d'un alliage blanc, très-cassant, de cuivre et d'étain nommé par les ouvriers *matte dure* (*hard metal*).

On pourrait d'abord être porté à penser que l'addition d'un réductif charbonneux a surtout pour effet de rendre plus rapide et plus complet le traitement d'une scorie qui doit être rejetée en totalité; mais les fondeurs les plus intelligents s'accordent à reconnaître que l'objet essentiel de cette addition est l'amélioration de la qualité du cuivre contenu dans la matte; j'indiquerai plus loin la théorie qui me paraît expliquer cette pratique, lorsque j'aurai fait connaître la nature des divers produits obtenus.

Matières premières et combustibles.

Le minerai ajouté au lit de fusion est ordinairement un cuivre pyriteux exempt de matières nuisibles, très-chargé de quartz et qui serait trop pau-

vre pour être passé dans la fonte V après grillage. On tire un parti utile de cette gangue par la disposition que je vais indiquer. Les matières sulfureuses étant plus rares dans le lit de fusion que dans ceux des fontes IV et V, la sole est moins bien préservée contre l'action corrosive des scories. Cet inconvénient se fait surtout sentir à la circonférence, parce que les sulfures, à mesure qu'ils se liquéfient, se rassemblent de toutes parts vers le trou de coulée. On y remédie en chargeant le minerai sur le pourtour de la sole : le sulfure en se liquatant de ce contour élevé protége autant que possible toutes les parties de la sole, et le quartz qui y reste fournit partiellement aux scories la silice qui, sans cette circonstance, serait entièrement enlevée à la sole.

Le charbon nécessaire à la réduction est ajouté sous deux formes principales : on projette quelques pelletées de ce même anthracite menu qui sert à l'alimentation des chauffes, en même temps que des matières pulvérulentes ramassées sur le sol des ateliers où se pratiquent les opérations VIII, IX et X : ces balayures contiennent, outre quelques particules de matières cuivreuses, les deux matières employées en plus grande masse dans ces ateliers, le combustible et le sable des coulées. Ces matières charbonneuses sont pour la plupart chargées sur la sole avant l'introduction des scories et contribuent encore efficacement à la préserver contre l'action corrosive des scories, pendant la première époque de la fusion.

Personnel et matériel de l'atelier. Le combustible employé pour chauffer les fours, est un mélange de 0,74 d'anthracite et de 0,26 de houille : la tonne du mélange coûte 4 [sh.],85.

Chaque fourneau, comme dans les fontes IV et

V, est conduit par deux ouvriers aidés d'un enfant : les salaires sont encore ici les mêmes, et le temps de travail se partage à peu près de la même manière entre la fusion proprement dite et les transports.

Le four (*Pl. II*, *fig.* 6, 7 et 8) est disposé intérieurement comme ceux employés aux fontes précédentes ; mais la nature des matières élaborées apporte une différence essentielle dans la disposition extérieure. Les scories chargées dans le four en gros fragments ne pourraient y être introduites au moyen de trémies ; celles-ci se trouvent donc supprimées. De plus, comme il serait fort pénible de les projeter sur toutes les parties de la sole par la porte située à l'extrémité du grand axe, on établit ici sur l'un des longs côtés, à l'une des extrémités du petit axe, une porte par laquelle les matières du lit de fusion se chargent, soit à la pelle, soit à la main. Cette porte latérale ne s'ouvre qu'au moment du chargement, elle reste hermétiquement lutée pendant le temps du travail. L'embrasure où est pratiqué le trou de coulée est toujours située en regard de cette même porte, à l'autre extrémité du petit axe.

Chaque charge comprend moyennement deux tonnes de matières cuivreuses : on y associe directement ou indirectement les quantités suivantes de matières : Composition moyenne des charges.

Scories des fontes IV, VII et VIII.		1t,718
Minerais pyriteux quartzeux.		0,166
Balayures (abstraction faite du charbon mélangé).		0,116
		2,000
Charbon mélangé.	0t,099	
Matières terreuses des soles.	0,076	0,195
Idem des briques.	0,020	
Total.		2,195

Résultats généraux de la fusion.

Le temps nécessaire à la fusion de chacune de ces charges est encore moyennement de 5h 47′; on en passe dans chaque four 22 par semaine.

En négligeant le combustible non employé pour les réactions fondamentales, lequel reste sur le bain et se trouve brûlé par l'action des gaz oxydants, on peut établir ainsi qu'il suit la balance entre les matières premières et les produits de l'opération.

BALANCE DE LA REFONTE DES SCORIES.

Matières premières.		Produits.	
Scorie riche de IV.	0,671	Matte blanche, pour VIII.	0,057
— de VII.	0,095	— rouge, pour VIII.	0,016
— de VIII.	0,053	Alliage stanneux.	0,005
Minerai pyriteux (5e classe).	0,079	Fonds cuivreux, pour IX.	0,008
Balayures des ateliers VIII, IX et X.	0,055	Scorie à rejeter.	0,901
Carbone employé comme réactif.	0,001	Débris de fourneaux, pour IV.	0,006
Matières terreuses : sable.	0,036	Acide carbonique.	0,003
— briques.	0,010	Soufre gazéifié.	0,003
		Eau et acide carbonique du minerai.	0,001
	1,000		1,000

Les diverses parties des fours employés à la refonte des scories ont à peu près la même durée que les parties correspondantes de ceux qui servent aux fontes IV et V. Les jours de chômage et d'activité sont, pour chaque four, dans la proportion indiquée par les nombres suivants :

Jours de travail.		213
Jours de chômage :		
Dimanches et fêtes.	56	152
Réparations et mises en feu.	32	
Réserve (avec feu dans la chauffe).	25	
Chômage complet (hors feu).	39	
Total.		365

Les frais de fusion par tonne de matières fondues sont établis dans le compte suivant ; on n'y

a point compris, en évaluant le poids de ces matières, le charbon ajouté comme réductif :

VI. *Frais de fusion de 1 tonne de matières dans la refonte des scories (scories* $0^t,859$, *minerais* $0^t,083$, *balayures* $0^t,058$.)

MAIN-D'OEUVRE ET MATIÈRES.	JOURNÉES.	SALAIRE par journée.	DÉPENSE totale.
Main-d'œuvre.		shil.	shil.
Ouvriers. — Transport et fusion des matières premières et des produits.	0,256	4,89	1,252
Enfants. — Transport du combustible et du craya	0,136	0,85	0,116
	0,392	3,49	1,368
Matières.	tonnes.	Prix de la tonne.	
Combustible pour le travail normal. .	0,388		
Id. pour les travaux accidentels.	0,129		
Id. pour les réactions métallurgiques (passé dans le lit de fusion)	0,049		
	0,566	4,85	2,745
Sable pour les soles.	0,039	2,75	0,107
Briques réfractaires.	0,009	26,00	0,234
Argile réfractaire.	0,007	8,00	0,056
Entretien du mobilier.	»	»	0,098
Total.	. . . . . .	. . . . . .	4,608

Les produits de la fonte VI sont assez variés : le principal de ces produits est une matte blanche semblable, pour ses caractères extérieurs et sa

Propriétés et composition de divers produits.

composition chimique, à celle qui provient de la fonte IV. J'ai trouvé dans une variété réputée de belle apparence, et provenant du meilleur travail, la composition suivante :

atte blanche.

Cuivre.	0,746	0,998
Fer, trace de nickel.	0,031	
Étain.	0,008	
Soufre.	0,202	
Scorie et sable mélangés. .	0,011	

J'ai admis en conséquence dans le calcul des réactions métallurgiques (§ 13, tableau VI), que cette composition était identique avec celle de la matte blanche produite par la fonte IV.

Matte rouge.

On obtient de temps en temps, lorsque les lits de fusion sont riches en soufre, un produit désigné dans les ateliers sous le nom assez impropre de *matte rouge*; il ressemble beaucoup à la matte bleue de la fonte V; il en diffère seulement par l'absence habituelle du cuivre métallique, par une cassure plus compacte et par une teneur en cuivre plus considérable. L'analyse y a indiqué :

Cuivre.	0,621	0,995
Fer.	0,119	
Nickel, cobalt.	0,002	
Étain.	0,018	
Soufre.	0,228	
Scorie et sable mélangés. .	0,007	

J'ai admis, pour simplifier le calcul des réactions métallurgiques, la composition suivante, qui concorde avec la formule $2Cu^2Su + FeSu$.

Cuivre.	0,627	1,000
Fer.	0,134	
Soufre.	0,239	

Alliage d'étain.

L'alliage de cuivre et d'étain, dit *matte dure* (hard metal), qui se trouve ordinairement au-

dessous des mattes précédentes, est dur, cassant d'un beau blanc d'étain; l'analyse (§ 16, 9) y a indiqué la composition suivante :

Cuivre.	0,662	
Étain.	0,284	
Fer, nickel, cobalt.	0,027	0,993
Arsenic.	0,020	
Soufre.	traces	

Ce produit est livré au commerce : il est ordinairement mis en œuvre dans les ateliers où se fabriquent les matières propres au doublage des vaisseaux, et surtout les clous de bronze servant à fixer les feuilles de cuivre.

Au-dessous de cet alliage, on trouve souvent dans le fond de la rigole de coulée un cuivre noir fort impur, dit *bottoms*, en plaques minces, dont la cassure fraîche présente une couleur bronze un peu rougeâtre : les variétés les plus minces qui paraissent être les plus pauvres en cuivre n'offrent même souvent qu'une couleur grisâtre; ils se cassent aisément sous le choc du marteau sans présenter toutefois la fragilité de l'alliage blanc. L'analyse a indiqué dans une variété rougeâtre : Fonds cuivreux.

Cuivre.	0,865	
Fer, manganèse, nickel. .	0,032	
Étain.	0,007	0,991
Arsenic.	0,018	
Soufre.	0,069	

Enfin, la scorie à rejeter, qui couvre tous ces produits sulfurés et métalliques, se rapproche beaucoup par ses caractères extérieurs de celle de la fonte IV. Elle offre une tendance un peu plus prononcée à la cristallisation, ce qui paraît être dû Teneur en cuivre et composition de la scorie rejetée.

à la fois à ce qu'elle se refroidit en plus grande masse dans les rigoles de coulée, et à ce qu'elle tient une proportion de silice plus considérable. Le cuivre est disséminé dans cette scorie plus uniformément et en moindre proportion que dans la scorie de la fonte II; outre les avantages précédemment signalés, la fonte n° VI a donc pour résultat de rendre la perte totale de cuivre, due au travail gallois, moindre qu'elle ne le serait, si toutes ces scories étaient repassées dans la fonte II.

Pour constater la teneur exacte de la scorie rejetée, j'ai fait recueillir pendant une semaine des échantillons de toutes les scories produites dans 4 fours. L'analyse de la prise d'essai provenant, pour chaque four, du mélange et de la pulvérisation de tous les échantillons a donné les résultats ci-après:

Four n° 1.	0,003
— n° 2.	0,003
— n° 3.	0,004
— n° 4.	0,005
Teneur moyenne. . .	0,0038

L'essai de 10 échantillons pris au hasard parmi les fragments recueillis pour ces 4 fours, pendant une semaine, a donné:

1 échantillon tenant. . . .	0,002
2 échantillons *Id*	0,003
3 *Id.* *Id.*	0,004
2 *Id.* *Id.*	0,005
2 *Id.* *Id.*	0,006
Teneur moyenne. . .	0,0042

La recherche du soufre dans la scorie donne une proportion supérieure à l'équivalent du cuivre

contenu : sous ce rapport, la scorie se trouve donc ramenée par le minerai pyriteux et par le réductif ajouté au lit de fusion au même état que celle de la fonte II. Elle contient, outre un mélange mécanique de matte, une trace de sulfure de fer chimiquement combiné. La composition de cette scorie est établie comme suit par l'analyse :

Résultat trouvé.		*Résultat calculé.*	
Silice	0,400	Silice	0,402
Oxyde ferreux	0,529	Oxyde ferreux	0,527
Alumine	0,018	Alumine	0,018
Chaux	0,024	Chaux	0,024
Magnésie	0,003	Magnésie	0,003
Oxyde stanneux	0,005	Oxydes d'étain, de chrome, de nickel, de cobalt, etc.	0,015
Oxydes de chrome, de nickel, de cobalt, etc	0,010	Cuivre	0,004
Cuivre	0,0038	Soufre	0,003
Soufre	0,0035	Fer	0,004
Total	0,9963	Total	1,000

C'est un sesquisilicate B^2Si^3, composé essentiellement, comme toutes les scories galloises, de silicate ferreux.

Réaction métallurgique particulière à la refonte des scories.

Le principe de la fonte VI est donc, en premier lieu, de réduire l'oxyde cuivreux combiné aux scories et de le faire passer dans la matte par la double influence d'une grande quantité de sulfure ferreux combiné à la matte (comme dans les fontes IV et V), et d'une trace de sulfure ferreux combiné au silicate de cette scorie (comme dans la fonte II). On y purifie, en second lieu, la matte produite, en lui enlevant, par l'influence du cuivre et de l'étain métalliques, les substances telles que l'arsenic, le nickel, le cobalt qui paraissent particulièrement nuire à la qualité du cuivre : cette réaction, que l'on cherche à éviter dans les opérations précédentes, est caractéristique pour la fonte VI et mérite ici une discussion spéciale.

Purification de la matte sous l'influence des métaux précipités.

Les analyses dont les résultats sont rapportés ci-dessus prouvent que les métaux dégagés de leur combinaison avec la silice, hors de la sphère d'affinité des sulfures, absorbent les substances nuisibles qui sans cette circonstance resteraient en partie combinés avec la matte. La pratique des ateliers et les considérations présentées dans les paragraphes précédents prouvent que l'addition de charbon faite dans la fonte VI a uniquement pour but de produire par voie de réduction ces agents de purification. La seule addition des minerais pyriteux enlèverait facilement aux scories tout l'oxyde cuivreux combiné; elle ne donnerait ni cuivre métallique, ni étain. Ces deux métaux, révivifiés par l'action directe du carbone sur les oxydes des silicates, ne peuvent, une fois formés, se combiner à la matte où le fer et le cuivre sont complétement saturés de soufre : l'addition du charbon dans le lit de fusion produit donc une sorte de courant de cuivre et d'étain à l'état moléculaire, lesquels traversent incessamment la matte pour se réunir à la partie inférieure du bain. C'est ce courant métallique qui me paraît être la cause essentielle de la purification de la matte : les sulfures d'arsenic, de nickel et de cobalt, ayant une grande tendance à céder leur base à ces deux métaux et leur soufre aux autres éléments de la matte, se décomposent lentement sous cette influence. Il se forme des alliages qui se précipitent au fond du bain, et, suivant l'époque de la fonte, il se produit soit du sulfure de cuivre qui reste dans la matte, soit du sulfure de fer qui se combine en partie aux silicates de la scorie. Beaucoup d'opérations métallurgiques propres aux fonderies de l'Allemagne du Nord, de la Hongrie, du Banat,

de la Norwège, etc., offrent des exemples de réactions analogues exercées par des métaux sur des combinaisons sulfurées. C'est ainsi, par exemple, qu'en faisant passer du plomb pur goutte à goutte au milieu d'une matte ou d'un sulfo-arséniure de plomb et de fer tenant une certaine dose de sulfure d'argent, on obtient une matte à peu près exempte d'argent et un plomb tenant presque tout l'argent avec une proportion considérable d'arsenic. Dans ce dernier cas, le plomb enlève l'argent et l'arsenic à la matte argentifère comme dans la fonte galloise le cuivre et l'étain enlèvent à la matte blanche ou rouge l'arsenic, le nickel, le cobalt, etc.

Ce principe de la purification des combinaisons sulfurées par le départ d'une faible quantité de métaux se retrouve, comme on le verra (§ 10), dans la VIIIe opération. Ici encore la pratique des ateliers devançant depuis longtemps la théorie, ne laisse aucun doute sur la qualité très-inférieure des *fonds cuivreux* ainsi produits, et sur l'amélioration apportée par cela même à la qualité de la matte.

§ 9. — VIIe OPÉRATION. — *Fabrication de la* matte blanche-extra, *ou rôtissage de la matte bleue* V.

Le but de cette opération est de convertir la matte bleue en une matte blanche analogue à celle que produit la fonte IV et d'expulser plus efficacement qu'on ne le fait ordinairement dans cette dernière fonte, les matières qui altèrent la pureté du cuivre. On y parvient au moyen de deux réactions successives, savoir : 1° une fusion lente, à une température très-ménagée, dans la- **But et principe de l'opération.**

quelle on oxyde sous l'influence directe de l'air la majeure partie des matières nuisibles et une grande proportion de cuivre; 2° une fonte opérée à une haute température, dans laquelle, après avoir scorifié les oxydes formés, au moyen de la silice, on affine la matte non décomposée pendant la première époque, en faisant réagir sur le sulfure de fer de cette matte, l'oxyde cuivreux dissous dans la scorie. Cette dernière réaction est entièrement semblable à celle qui caractérise la seconde époque des fontes IV et V, et, sous ce rapport, ces opérations sont fondées sur le même principe; mais la réaction oxydante opérée dans la première époque est tout à fait distincte de celles dont il a été question jusqu'à présent: elle constitue essentiellement le rôtissage qui fait également l'objet des opérations VIII et IX; ainsi qu'on va le voir, elle diffère, tant par son principe même qu'à raison des moyens d'action mis en œuvre, des réactions oxydantes pratiquées dans le grillage des minerais et de la matte bronze (Ire et IIIe opérations).

Matières premières et combustibles.

La matte bleue est la seule matière cuivreuse passée dans ce travail; mais il importe de remarquer qu'elle est imprégnée à sa surface d'une grande quantité du sable dans lequel elle a été coulée et qui joue un rôle utile dans le traitement. On n'emploie d'autres réactifs que l'air atmosphérique, le sable des soles, les briques du four et l'argile réfractaire que l'on introduit assez fréquemment au bas des parois verticales intérieures pour y boucher les vides que tend sans cesse à former l'action corrosive des scories. L'air atmosphérique introduit pendant la première époque

sert à la production des oxydes métalliques; le sable, les briques et l'argile produisent, en réagissant sur ces oxydes, la scorie indispensable à l'affinage de la matte.

On pourrait se demander s'il ne serait pas plus simple et plus économique de se passer de cette intervention des substances siliceuses et de recourir uniquement à la réaction mutuelle des sulfures, de l'air atmosphérique et des oxydes formés. Dans ce système, on opérerait le grillage de la matte d'après le principe suivi dans la troisième opération; on ferait réagir ensuite l'oxyde de cuivre sur les sulfures, en soustrayant autant que possible le lit de fusion à l'influence de la silice; enfin on ajouterait seulement ce dernier réactif au moment où il ne resterait plus qu'à fondre les oxydes de fer, de nickel, de cobalt, etc. Mais l'expérience ne tarderait pas à révéler les inconvénients de cette manière d'opérer. Pour n'en citer qu'un seul, je remarquerai que la réaction de l'oxyde de cuivre sur les sulfures a toujours lieu avec dégagement d'acide sulfureux et dépôt de cuivre; cette seule circonstance écarterait complétement du but qu'on veut atteindre, puisqu'au lieu de produire seulement une matte blanche sans aucun mélange de cuivre on obtiendrait toujours un *fonds cuivreux* de qualité inférieure.

Le combustible, mélange de 0,77 d'anthracite et de 0,23 de houille revient dans l'usine à 4^shil.,85.

Le fourneau où s'exécute cette opération est exactement disposé comme celui qui sert à la fonte des scories (VIe opération); une porte latérale sert au chargement de la matte concurrem- Personnel et matériel de l'atelier.

ment avec la porte qui, dans tous les fours gallois (ceux de grillage exceptés), est toujours située à l'extrémité du grand axe; un trou pratiqué en face de cette première porte donne issue aux matières élaborées et fondues; la seule particularité qui distingue ce four des précédents est un ouvreau ou registre placé sur l'un des côtés du pont comme dans les fours de grillage, et qui sert ici à introduire, pendant la première époque du travail, une grande quantité d'air : la surface de cet ouvreau est ordinairement de $0^{m.car.},022$. Quatre fours pareils servent indistinctement aux rôtissages VII et VIII; ordinairement trois de ces fours sont plus spécialement consacrés à l'opération qui fait l'objet de ce paragraphe. En résumé, ce fourneau avec des dimensions horizontales égales à celui du four à scories (*Pl. II, fig.* 6, 7 et 8), est entièrement disposé comme le four de plus grande dimension où se fabrique le cuivre brut (IXe opération; voir *Pl. I, fig.* 6, 7 et 8).

Le personnel est, comme le matériel, commun aux deux opérations VII et VIII : il comprend en tout 12 personnes. 4 ouvriers, hommes faits, sont chargés des opérations fondamentales et du transport des matières et des produits; leur salaire hebdomadaire est le même que celui des ouvriers employés aux fontes précédentes; 4 aides de 15 à 16 ans, payés 6 shillings par semaine, secondent les précédents dans toutes les manipulations; enfin 4 enfants de 11 à 15 ans sont chargés, comme à l'ordinaire, du service de l'approvisionnement de la chauffe et de la reprise et du triage du craya; leur salaire moyen est également de $0^{shill.},85$ par journée de travail. On ne peut faire rigoureusement le départ du temps effectivement consacré à

chacune de deux opérations VII et VIII. Cependant une étude suivie des deux ateliers m'a prouvé que le nombre total des journées de 12 heures, fournies en une semaine par ces ouvriers, se répartissait approximativement ainsi qu'il suit :

	VII.	VIII.	TOTAL.
	j.	j.	j.
Ouvriers principaux à 4fr.,89 par jour.	13,2	8,8	22,0
Aides de précédents. à 1 ,00.	13,2	8,8	22,0
Enfants. . . . . à 0 ,85.	16,8	7,2	24,0

On opère à la fois sur deux tonnes de matte bleue. La durée moyenne de l'élaboration d'une telle charge est légèrement inférieure à 12 heures. On fait 11 charges dans la semaine de travail, c'est-à-dire dans l'intervalle qui s'écoule entre le lundi matin à 6 heures et le samedi à 4 heures après midi. On admet, en effet, que dans tous les ateliers de fusion où le travail est suspendu le dimanche, les ouvriers peuvent gagner environ 2 heures sur la durée totale des 11 journées dont se compose le travail hebdomadaire. La durée exacte de l'élaboration d'une charge est donc de 11h,49'.

Manipulations relatives à l'élaboration d'une charge.

Il importe que, pendant la première époque du travail, la sole reste à une assez basse température; et, d'un autre côté, cette sole, comme toutes les parties du four, se trouve portée à la fin de la seconde époque à une température fort élevée; il faut donc, avant de commencer une nouvelle opération, laisser refroidir la sole pendant trois quarts d'heure environ. Le temps total de l'élaboration d'une charge se subdivise donc réellement en trois époques, ayant chacune la durée indiquée ci-après :

Première époque.	Chargement.	0h 15'	8h 34'
	Oxydation et liquéfaction de la matte. . .	8 19	
Deuxième époque.	Scorification des oxydes et affinage de la matte.	2 22	2 30
	Coulée.	0 08	
Troisième époque.	Refroidissement de la sole, addition d'argile.		0 45
	Total.		11 49

Il est essentiel pour le succès de l'opération que la matte soit chargée en très-gros fragments pesant de deux à deux et demi quintaux. La matte bleue étant très-fragile, il faut quelques précautions pour empêcher les pains de se briser, après qu'on les a divisés, à la grosseur convenable, dans la rigole de coulée des fourneaux V. Le maniement de pains d'un poids aussi considérable exige la réunion des deux ouvriers et des deux aides présents à chaque poste. Le fourneau étant disposé pour recevoir une charge, ces ouvriers, réunissant leurs efforts, saisissent avec des pinces en fer un pain de matte et le placent sur deux barres de fer posées sur le sol et infléchies à leur milieu; deux ouvriers saisissent ensuite les extrémités de ces barres et déposent le pain sur une large palette semblable à celle d'un four de boulanger, qu'un autre ouvrier a posée sur la tablette de la porte de chargement. Agissant ensuite tous ensemble sur le manche de la palette, ils poussent vivement et déposent le pain dans l'intérieur du four. Les mêmes ouvriers répètent cette manœuvre pour chacun des 12 ou 15 pains qui composent la charge. Ce chargement, fait avec l'énergie que les ouvriers anglais apportent toujours dans leurs travaux,

ne dure que 15 minutes. L'arrangement des pains dans l'intérieur du four importe beaucoup au succès de l'opération : ils doivent être placés à 1^{m},20 environ du pont, afin de ne point recevoir trop immédiatement l'impression de la flamme; il faut y ménager la plus grande somme d'interstices, afin que les courants gazeux traversent incessamment la masse, au lieu de se frayer un passage le long des parois du four.

On ferme hermétiquement les deux portes de chargement, et les ouvriers abandonnent l'opération à elle-même en laissant le registre ouvert. Pendant toute la première époque, leur besogne essentielle consiste à régler l'ouverture du registre selon toutes les circonstances qui peuvent influer sur le tirage. Le but qu'il faut atteindre est de porter aussi promptement que possible la charge à la température rouge sombre, où elle commence à subir l'influence oxydante de l'air et à fondre goutte à goutte. Ce but atteint, il faut être attentif à ne jamais le dépasser. Dès que l'ouvrier remarque que la matte fond trop rapidement, il augmente la section du registre en enlevant un des fragments de brique qui en rétrécissent ordinairement l'ouverture ; il fait la manœuvre inverse lorsqu'il remarque que le travail avance trop lentement. La section moyenne de l'orifice reste ordinairement comprise entre 0$^{m.car.}$,016 et 0$^{m.car.}$,020. La masse considérable d'air qui afflue par le registre réduit beaucoup le tirage du four et la température de la faible quantité de gaz embrasés qui sortent de la chauffe, en sorte que ces derniers, parvenus au contact des pains en élaboration, sont, à vrai dire, des gaz très-chauds plutôt qu'une flamme proprement dite. La masse

d'air froid qui s'introduit par le registre se porte en grande partie sur la sole et en maintient la température au-dessous du terme où les oxydes tombés sur cette sole pourraient réagir, soit sur les sulfures, soit sur la silice. Dans un travail convenablement gradué, les pains entrent décidément en fusion lente 1 heure après le chargement ; tous les éléments de la matte se trouvent désagrégés et accumulés sur la sole en masse demi-fondue après un intervalle total de 8h 19'.

Le commencement de la deuxième époque est marqué par la fermeture complète du registre : il s'établit aussitôt un tirage extrêmement actif, et la température du four monte rapidement au degré nécessaire pour que les matières accumulées sur la sole commencent à réagir. Les sulfures ne tardent pas à se rassembler au fond du fourneau, tandis que les silicates se forment rapidement par la réaction des oxydes sur les grains de sable précédemment adhérents à la matte et sur les matières enlevées, soit à la sole, soit aux parois du four. A partir de ce moment la matte s'affine sous la scorie comme dans les fontes précédentes, et 2h 22' après le commencement de ce coup de feu, on fait, comme à l'ordinaire, couler la matte et la scorie dans une rigole de sable.

Dès que la coulée est achevée, on ouvre la porte située à l'extrémité du grand axe pour supprimer le tirage et faire baisser la température du four. Ordinairement on admet dans ce but, par le registre, un filet d'air froid qui exerce surtout sur la sole son action réfrigérante. De deux en deux opérations, on profite de cette interruption du travail pour garnir d'argile réfractaire le contour de la sole où les parois du four se

trouvent fortement corrodées par l'action des scories. Dès que la sole a repris assez de consistance pour n'être point endommagée par le choc des pains de matte, on procède à un nouveau chargement, et le travail d'une autre charge recommence avec les circonstances qui viennent d'être décrites.

La proportion relative des matières premières et des produits de l'opération peut être approximativement établie comme suit : Balance des matières premières et des produits.

BALANCE DU RÔTISSAGE POUR MATTE BLANCHE.

Matières premières.		Produits.	
Matte bleue à rôtir, de V. . .	0,789	Matte blanche, pour VIII. . .	0,588
Matières terreuses : sable. . .	0,108	Scorie pauvre, pour II. . . .	0,103
Idem; argile et briques. . . .	0,006	Scorie riche, pour VI.	0,177
Oxygène atmosphérique. . .	0,097	Débris de fourneaux, pour IV.	0,008
		Acide sulfureux.	0,124
	1,000		1,000

Cette opération est l'une de celles où la surveillance pourrait souvent être en défaut : aussi est-elle toujours confiée à des ouvriers d'élite. Cependant les détails qui viennent d'être présentés indiquent assez comment un contre-maître exercé peut constater à chaque instant si le travail est conduit avec les soins convenables.

Exposées en général à une température beaucoup moindre que celles qui règnent constamment dans les opérations IV, V et VI, les diverses parties du four ont ici plus de durée : le four entier doit être rebâti après trente mois de service; le rampant doit être réparé une fois chaque année. Le temps d'activité et de chômage est réparti moyennement, pour chacun des trois fours, ainsi qu'il est indiqué ci-après : Temps d'activité et de chômage pour chaque four.

Jours de travail effectif.		250
Jours de chômage :		
Dimanches et fêtes.	56	
Réparations et mises en feu. . . .	13	115
Réserve (avec feu dans la chauffe).	28	
Chômage complet (hors feu). . . .	18	
Total.		365

Enfin, les frais entraînés par ce travail peuvent être établis comme suit :

VII. *Frais de rôtissage pour 1 tonne de matte bleue.*

MAIN-D'ŒUVRE ET MATIÈRES.	JOURNÉES.	SALAIRE par journée.	DÉPENSE totale.
Main-d'œuvre.		shil.	shil.
Ouvriers principaux. — Transports et rôtissage.	0,247	4,89	1,208
Aides. — *Idem*.	0,247	1,00	0,247
Enfants. — Transport du combustible et du craya..	0,314	0,85	0,267
	0,808	2,131	1,722
Matières.	tonnes.	Prix de la journée.	
Combustible pour le travail normal. .	0,712		
Id. pour les travaux accidentels..	0,108		
	0,820	4,85	3,977
Sable pour les soles ou chargé avec la matte.	0,136	2,75	0,374
Briques réfractaires.	0,006	26,00	0,156
Argile réfractaire.	0,007	8,00	0,056
Entretien du mobilier..	»	»	0,086
Total.	. . . . . .	. . . . . .	6,371

La scorie provenant de la VIIe opération est, comme celle de la fonte IV, un silicate où la silice ne tient guère plus d'oxygène que les bases; celles-ci se composent presque exclusivement d'oxyde ferreux.

J'ai trouvé dans une matte blanche de bonne qualité, fournie par ce rôtissage, la composition suivante :

Cuivre.	0,775	0,998
Fer.	0,022	
Soufre.	0,201	
Arsenic, nickel, cobalt.	traces	

§ 10. — VIIIe Opération. — *Fabrication des mattes-régules ou rôtissage de la matte blanche-extra.*

Cette opération, qui complète les manipulations propres au travail extraordinaire (extra-process), réunit les moyens de purification qui sont propres aux opérations VI et VII. Le travail se subdivise en deux époques : dans la première, on effectue le rôtissage proprement dit, c'est-à-dire la fusion très-lente de la matte blanche sous l'influence de l'oxygène atmosphérique; dans la seconde, on affine la matte sous la scorie. Mais comme le fer et *à fortiori* les autres métaux ne se trouvent plus dans la matte blanche qu'en très-faible quantité, il se forme dans la première époque une grande proportion relative d'oxydes de cuivre; et par suite, dans la seconde, une scorie très-chargée d'oxyde cuivreux. Par ce double motif, l'affinage résultant de la réaction mutuelle de la matte et de cette scorie est bientôt terminé : l'opération peut donc être conduite beaucoup plus rapidement que dans le rôtissage **But et principe de l'opération.**

précédent. L'oxyde de cuivre, formé dans la première époque, étant très-prédominant, réagit en partie directement, dans le coup de feu qui signale la seconde époque, sur la matte liquatée; de là résultent de l'acide sulfureux qui se dégage et du cuivre métallique : celui-ci, en se précipitant au fond du bain, enlève à la matte les matières nuisibles que celle-ci peut encore retenir. L'affinage de la matte s'y produit donc, dans le coup de feu final, à la fois : par l'action lente du silicate qui épuise les dernières traces de métaux étrangers; par l'action directe et plus énergique des oxydes de cuivre; enfin par l'action dissolvante qu'exerce le cuivre à l'état naissant sur les dernières traces d'arsenic et les métaux étrangers que la matte retient encore.

Matières premières et combustibles.

On élabore dans ce travail, outre la matte blanche du rôtissage VII, les mattes blanche et rouge produites dans la fonte VI; mais ces dernières forment à peine 1/5 du total. Les mattes de ces deux origines sont toujours traitées séparément parce qu'on en extrait des qualités de cuivre différentes; les manipulations pratiquées sur les unes et les autres sont d'ailleurs entièrement identiques. Les réactifs employés sont, comme dans le rôtissage VII, l'oxygène atmosphérique, le sable de la sole et celui qui est mélangé mécaniquement aux mattes à élaborer, enfin l'argile réfractaire et la matière même des briques servant à la construction des parois intérieures du four.

Le combustible employé pour chauffer le four est un mélange de 0,78 d'anthracite et de 0,22 de houille; il revient dans la fonderie à 4$^{\text{shil.}}$,83 la tonne.

Personnel et matériel de l'atelier.

Le four est disposé comme celui qui sert au rôtissage VII; parfois même il sert successivement pour l'une ou pour l'autre opération. Ordinairement un seul four suffit pour élaborer les mattes produites par les 5 à 6 fours consacrés aux opérations VI et VII.

12 ouvriers, ainsi qu'on l'a dit au § 9, sont simultanément employés aux opérations VI et VII, et mènent de front toutes les manipulations qu'elles exigent : on a indiqué dans ce même paragraphe la portion de temps, qui est spécialement consacrée à cette dernière opération.

Poids des charges.

Le détail des manipulations est à peu près le même que pour le rôtissage VII; les principales différences résident dans le poids de la charge, dans la durée totale de l'élaboration d'une charge, et enfin dans la nature des produits.

Le poids de la charge éprouve, d'une fonderie à l'autre, et souvent du commencement à la fin d'une même semaine, quelques variations dues à l'enchaînement général des travaux. Dans une fonderie que distinguent l'ordre et la régularité introduits dans les diverses subdivisions du travail, les choses étaient ainsi disposées. Au commencement de la semaine, c'est-à-dire immédiatement après le renouvellement de la sole, on chargeait simplement dans le four la quantité de matte blanche provenant de l'élaboration de 2 tonnes de matte bleue dans le rôtissage VII; le four VIII élaborait exactement trois charges dans le même temps où chacun des 3 fours VII n'en élaborait qu'une seule : ce four suffisait, par conséquent, pour élaborer le produit de ces derniers. Vers la fin de la semaine, la capacité intérieure du

four étant devenue plus grande, on augmentait un peu la charge de manière à débiter, non-seulement le produit des fours VII, mais encore les mattes provenant des fours VI, et qui, à cet effet, avaient été accumulées dans la première partie de la semaine. Dans ce système et dans l'ensemble des conditions précédemment admises, la charge moyenne hebdomadaire est de 1^t,482, et l'on passe en 33 charges le produit total des fours VI et VII.

Manipulations relatives à l'élaboration d'une charge.

Dans les mêmes conditions, la durée moyenne de l'élaboration d'une charge est de 3^h 48'; elle se trouve répartie, ainsi qu'il est indiqué ci-après, entre les diverses subdivisions du travail.

Première époque.	Chargement.	0^h 20'	2^h 18'
	Oxydation et liquéfaction de la matte. .	1 58	
Deuxième époque.	Réaction des oxydes et de la scorie sur les sulfures.	1 20	1 30
	Coulée.	5	
	Réparation de la sole et des parois.	5	
			3 48

Le chargement qui comprend un poids de matières moindre que dans le rôtissage VII, dure plus longtemps, parce que les pains qui pèsent au moins 3 quintaux sont plus difficiles à manœuvrer. La matte est toujours liquéfiée goutte à goutte; néanmoins cette fusion et l'oxydation qui l'accompagne sont menées plus rapidement. La température du four étant encore très-élevée au moment où la charge est introduite dans le four, les premiers pains, placés en amont de la sole, à 1^m,20 du pont, subissant l'influence du rayonne-

ment de la voûte et de la chauffe, commencent déjà à laisser suinter des gouttes de matte avant que le chargement ne soit terminé. Au lieu de refroidir le four comme dans le cas précédent, on s'applique à profiter, autant que possible, de la chaleur qui s'y est accumulée pendant l'élaboration de la charge précédente, et l'on ne diffère la charge que pendant le temps strictement nécessaire pour enduire de sable et d'argile les parties du four qui sont trop profondément corrodées. Les matières qui tombent sur la sole du four n'y restent pas d'abord aussi inertes que dans le cas précédent, et c'est en partie dans la première époque que se forment, par la réaction des oxydes de cuivre sur les sulfures, les fonds cuivreux (*bottoms*) qui se précipitent à la partie inférieure du bain.

On peut établir à peu près ainsi qu'il suit la balance entre les matières premières et les produits de l'opération : **Balance des matières premières et des produits.**

BALANCE DU RÔTISSAGE POUR MATTES-RÉGULES.

Matières premières.		Produits.	
Matte blanche de VII.	0,712	Régule de la matte VII, pour IX.	0,528
Matte blanche de VI.	0,125	*Idem* des mattes VI, pour IX.	0,112
Matte rouge de VI.	0,034	Fonds cuivreux des mattes VII, pour IX.	0,088
Matières terreuses : soles. . .	0,041	*Idem* des mattes VI, pour IX.	0,020
Idem : briques et argile. . . .	0,007	Scories à repasser en VI. . .	0,118
Oxygène atmosphérique. . .	0,081	Débris de fourneaux à repasser en IV.	0,004
Total. . .	1,000	Cuivre de balayures, pour VI.	0,002
		Acide sulfureux.	0,128
		Total. . .	1,000

Dans l'ordre de travaux précédemment indiqué, l'emploi du temps de chaque four est exactement le même que pour les fours servant au rôtissage n° VII; enfin les frais qu'entraîne l'élaboration dans la matte peuvent être établis ainsi qu'il suit :

VIII. *Frais du rôtissage pour 1 tonne de matte blanche ou rouge, à convertir en mattes-régules.*

MAIN-D'OEUVRE ET MATIÈRES.	JOURNÉES.	SALAIRE par journée.	DÉPENSE totale.
Main-d'œuvre.		shil.	shil.
Ouvriers. — Transport et rôtissage. . .	0,180	4,89	0,880
Aides. — *Idem*.	0,180	1,00	0,180
Enfants. — Transport du combustible et du fraye.	0,147	0,85	0,125
	0,507	2,34	1,185
Matières.	tonnes.	Prix de la tonne.	
Combustible pour le travail normal. .	0,324		
— pour les travaux accidentels.	0,048		
	0,372	4,83	1,797
Sable pour la sole ou chargé avec les mattes.	0,047	2,75	0,129
Briques réfractaires.	0,002	26,00	0,052
Argile réfractaire.	0,006	8,00	0,048
Entretien du mobilier.	»	»	0,161
Total.	. . . . . .	. . . . . .	3,372

Propriétés et composition des produits du rôtissage.

Ce rôtissage fournit trois produits cuivreux : une scorie, une matte très-riche en cuivre nommée *régule*, un cuivre impur nommé *bottoms*.

Scorie.

La scorie, composée presque exclusivement de silice et d'oxydes ferreux et cuivreux, contient moyennement 0,11 de cuivre combiné ou mélangé mécaniquement à l'état de matte. Elle est médiocrement fondue, bulleuse, et présente approxi-

mativement la composition suivante, qui correspond à un silicate simple :

Silice.	0,34	1,00
Oxyde ferreux.	0,52	
Alumine.	0,01	
Chaux.	0,01	
Oxyde et sulfure cuivreux. . . .	0,12	

La matte est un produit spécial de la méthode galloise que je n'ai retrouvé dans aucune fonderie du continent. C'est à peu près le sulfure cuivreux des chimistes, mélangé mécaniquement de cuivre métallique. Ce dernier se produit hors du fourneau par la réaction de la matte et de la scorie, comme celui qui se trouve ordinairement associé à la matte bleue de la fonte V; il se présente d'ailleurs sous une forme toute particulière. La matte-régule, dans les cas fort rares où elle est fondue en masse compacte, a pour couleur un beau gris métallique : dans le type le plus parfait, la matière extrêmement poreuse en petit est en outre criblée de grandes cavités enduites d'une pellicule cuivreuse très-mince, dont la couleur toujours éclatante varie du blanc d'étain au rouge le plus intense, avec prédominance des nuances jaunes. L'analyse n'indique jamais que des traces d'arsenic, d'étain, de nickel, de cobalt et de manganèse dans des mattes-régules provenant du travail extraordinaire ou de la refonte des scories : ordinairement il s'y trouve une quantité dosable de fer. Plusieurs analyses m'ont donné pour la composition moyenne très-exacte de ce produit : Mattes-régules.

Cuivre.	0,811	0,998
Fer.	0,002	
Soufre.	0,185	

C'est un mélange de cuivre et de sulfure cuivreux représenté par la formule : $0{,}2\,Cu + Cu^2Su$.

Le nom de *régule*, adopté par les ouvriers gallois pour désigner ce produit, ne me semble pas pouvoir être introduit dans notre nomenclature métallurgique, où l'on désigne généralement par cette expression des métaux et des alliages, purs ou minéralisés par l'arsenic : la désignation que j'ai adoptée, tout en conservant une dénomination locale, me paraît s'appliquer convenablement à un mélange mécanique de sulfure et de métal.

Fonds cuivreux. Le cuivre noir impur, dont le nom local très-expressif paraît être convenablement rendu par la dénomination de *fonds cuivreux*, se trouve au fond de la rigole sous forme de plaques larges de $0^m,05$ à $0^m,10$ et épaisses de $0^m,01$ à $0^m,02$. La cassure est grenue, un peu écailleuse, d'un rouge clair assez vif, et présente ordinairement, à la fois, des parties mates et brillantes. Les fragments sont ordinairement imprégnés à leur surface d'une assez grande quantité de matte et de sable, qu'on n'en peut guère séparer par un travail mécanique.

L'analyse m'a indiqué dans un fonds cuivreux ayant ces caractères, mais qui avait été débarrassé par le martelage de tout mélange de ce genre :

Cuivre.	0,925	0,995
Fer, nickel, manganèse.	0,016	
Étain.	0,002	
Arsenic.	0,004	
Soufre.	0,048	

Cette analyse conduit aux mêmes conséquences que celles des fonds cuivreux de la fonte VI et du cuivre fibreux de la fonte V : elle vient à l'appui

des vues précédemment exposées (§ 6, p, 442, et § 8, p. 465) touchant : 1° la tendance que le nickel et les métaux d'affinités analogues ont à passer de la scorie dans les produits cuivreux ; 2° la tendance que ces mêmes métaux, l'étain et l'arsenic, ont à quitter la scorie et la matte pour se précipiter avec le cuivre métallique.

§ 11. — IXe OPÉRATION. — *Fabrication du* cuivre brut, *ou rôtissage de la matte blanche ordinaire, des mattes-régules et des fonds cuivreux.*

But principal de l'opération ; élaboration des mattes provenant des deux subdivisions du travail.

Dans leur enchaînement fort complexe, les manipulations précédemment décrites donnent en résumé, outre les produits intermédiaires qui y sont en roulement continuel, un petit nombre de produits définitifs, savoir : la matte blanche ordinaire provenant de la fonte IV; les mattes-régules provenant, soit du travail extraordinaire V, soit de la fonte des scories VI, toutes purifiées dans les rôtissages VII et VIII ; enfin les fonds cuivreux produits soit dans le même rôtissage, soit dans la fonte VI. Tous ces produits des diverses séries de travaux viennent converger dans cette IXe opération de la méthode galloise (voir le tableau synoptique *fig.* 7, *Pl. III*) ; en sorte qu'à l'exception de l'alliage stanneux produit dans la fonte VI, on ne livre au commerce aucune parcelle de cuivre qui n'ait été soumise à cette élaboration.

On se propose essentiellement, dans le rôtissage, d'expulser définitivement, sous forme d'acide sulfureux, le soufre qui jusqu'alors avait été conservé comme agent de concentration pour le cuivre, et de chasser en même temps, soit par

gazéification avec le seul concours de l'oxygène, soit par scorification avec le double concours de l'oxygène et de la silice, les matières étrangères, arsenic, fer, étain, nickel, cobalt, etc., qui ont résisté à la série des opérations comprises de IV à VIII. On y parvient au moyen de deux réactions successives, savoir : 1° l'action directe de l'air sur la matière maintenue à une température voisine du terme de fusion et se liquéfiant goutte à goutte, ce qui est le rôtissage proprement dit; 2° la réaction de l'oxyde de cuivre formé en grand excès, sur les sulfures non décomposés. Les deux produits de l'opération sont : du cuivre brut presque affiné, beaucoup plus pur que les produits connus dans les usines du continent sous le nom de cuivre noir, et une scorie fort riche en cuivre, qui est repassée, comme on l'a dit, dans la fonte n° IV. Il ne s'agit plus seulement dans cette opération de séparer le fer en conservant le soufre comme on le fait dans les fontes IV et V, c'est-à-dire en faisant réagir le silicate d'oxyde cuivreux sur le sulfure de fer; il importe encore de chasser le soufre. Il faut éviter que l'oxyde cuivrique formé ne se scorifie promptement par la silice; il faut cependant le maintenir à une température assez élevée pour qu'il puisse agir sur les sulfures. Pour obtenir ce résultat, on divise l'opération en quatre époques très-distinctes et de durée à peu près égale : la première est le rôtissage proprement dit, avec production d'acide sulfureux et d'oxydes; les deux suivantes sont essentiellement consacrées à la réaction de l'oxyde de cuivre sur les sulfures non décomposés; la quatrième achève cette réaction et opère le départ réciproque, d'une part, du cuivre métallique qui se rassemble au fond de la

sole; de l'autre, des oxydes en excès qui, scorifiés par la silice, se résolvent en scorie et s'étendent à la partie supérieure du bain.

Les fonds cuivreux ne sont point, à proprement parler, une matière sulfurée, mais ils sont mélangés de matte-régule qu'il serait plus dispendieux de séparer mécaniquement qu'il ne l'est de soumettre tout le produit au rôtissage. Cette opération, d'ailleurs, est plus rapidement conduite pour un produit essentiellement métallique que pour les mattes; elle est ordinairement accomplie dans un poste de 12 heures.

Autres matières premières; combustibles.

On passe de temps en temps, avec les mattes et les mattes-régules, des minerais très-riches formés essentiellement d'oxyde et de sulfure cuivreux, qui proviennent exceptionnellement de certaines mines indigènes et étrangères, et qui cependant peuvent être considérées comme faisant partie du travail normal. Ces minerais sont directement transportés du dépôt qui les reçoit au moment du débarquement, à l'atelier de rôtissage.

Les seuls réactifs employés dans le rôtissage, concurremment avec l'oxygène atmosphérique, sont le quartz gangue des minerais riches, le sable des soles ou des rigoles de coulée, les briques et l'argile réfractaire enlevées aux parois du four. Le combustible, mélange de 0,70 d'anthracite et de 0,30 de houille, revient dans la fonderie à 4 shil. ,95 la tonne.

Le four de rôtissage (*Pl. I*, *fig.* 6, 7 et 8) est disposé comme tous les fours de fusion de la méthode galloise : la chauffe a des dimensions un peu moindres, et le laboratoire des dimensions un peu

Personnel et matériel de l'atelier.

plus grandes que les fours de fusion servant aux fontes II et IV à VI. Une porte latérale, placée à l'une des extrémités du petit axe de la sole, sert au chargement des mattes, concurremment avec la porte de travail toujours placée à l'extrémité du grand axe. Les scories sont retirées au râble par cette dernière porte; le cuivre est coulé hors du fourneau par un orifice latéral placé en regard de la porte de chargement. Un registre disposé comme ceux de tous les fours de grillage et de rôtissage, dont il a été question précédemment, sert à l'admission de l'air froid dans le laboratoire.

La conduite d'un four de rôtissage n'exige qu'une faible dépense en main-d'œuvre : deux ouvriers suffisent pour la direction de deux fours : ils se réunissent pour faire les manipulations principales qui ont toujours lieu au début du poste de jour : un seul ouvrier est préposé à la conduite de deux fours pendant le poste de nuit. Cependant, chaque ouvrier ne travaille qu'une nuit sur trois; 4,67 postes de nuit sont donc fournis chaque semaine par les ouvriers spéciaux; les autres, au nombre de 2,33, sont fournis par des ouvriers auxiliaires.

Les fours de rôtissage sont tenus en activité le dimanche comme les autres jours, en sorte que deux fours absorbent en définitive 14 journées des deux ouvriers spéciaux rétribués chacun 27shil.,86 par semaine, et 2j,33 (postes de nuit) d'ouvriers auxiliaires payés 3shil.,67 par poste.

De tous les appareils de la méthode galloise, les fours de rôtissage sont ceux dont la construction et les dimensions varient le plus; le poids de la charge varie lui-même entre 2t.,75 et 3t.,75. Dans une fonderie où ces fours avaient les dimensions indiquées (*Pl. I*, *fig.* 6 et 7), le poids moyen de

la charge était de $3^{t.},70$; la durée de l'élaboration d'une charge étant toujours 24 heures, chaque four passait par semaine en 7 charges, $25^{t.},90$ de mattes et de fonds cuivreux.

La durée totale de l'élaboration se trouve subdivisée comme suit: Manipulations relatives au rôtissage.

Chargement.		1h 00′
Première époque. — Rôtissage et 1re fusion pâteuse goutte à goutte; réaction partielle de l'oxyde de cuivre et des sulfures déjà tombés sur la sole.		5 30
Deuxième époque. — Refroidissement; réaction de l'oxyde de cuivre et des sulfures; soulèvement de la masse.		5 30
Troisième époque. — Réchauffement; réaction de l'oxyde de cuivre et des sulfures; 2e fusion pâteuse.		6 00
Quatrième époque. — Coup de feu; réaction de l'oxyde de cuivre et des sulfures; réaction de l'oxyde de cuivre en excès et des autres oxydes sur la silice. Fusion complète. .	5h 45′	
Écumage et tirage des scories. . . .	0 10	6 00
Coulée.	0 05	
Total.		24 00

La matte est chargée en pains de dimensions considérables, d'abord par la porte latérale, puis par la porte située à l'extrémité du four. Cette manœuvre se fait comme pour les rôtissages VII et VIII; elle commence ordinairement à 6 heures du matin et se termine vers 7 heures.

Le four se trouvant très-refroidi par cette longue interruption du tirage, on le réchauffe tout d'abord en fermant le registre pendant 10 minutes environ. Ce délai suffit pour porter la matte dans la partie la plus rapprochée de la chauffe à la température où le rôtissage commence à se produire.

1/2 heure après la fin du chargement, ou à 7 heures 1/2 du matin, les premières gouttes tombent sur la sole, puis la fusion et le rôtissage continuent à se produire simultanément jusqu'à midi et demi. Toutes les matières (sulfures et oxydes), sont alors réunies à l'état demi-pâteux, demi-fluide sur la sole où un fort bouillonnement témoigne de la réaction incessante exercée par l'oxyde de cuivre sur les sulfures. Pendant toute cette époque, le registre est constamment ouvert, et le seul travail que l'ouvrier ait à faire en sus du chargement de la chauffe consiste à en régler l'ouverture de manière que le rôtissage se poursuive dans des conditions parfaitement uniformes.

Si l'on continuait à chauffer le four comme on l'a fait jusque-là, le départ réciproque de la matte et des oxydes ne tarderait pas à s'effectuer, ce qui mettrait fin à la décomposition graduelle des sulfures et à l'expulsion du soufre: on prolonge considérablement cette réaction en diminuant la température du four. Ce refroidissement constitue essentiellement la seconde époque: on le provoque en ouvrant partiellement, soit la porte de travail, soit plus ordinairement celle de la chauffe. A partir de ce moment, la température du four, qui avait été portée progressivement au rouge assez vif, diminue graduellement, de telle sorte que, dans un intervalle de 5h 30', les parois du four et la matière étendue sur la sole soient devenues complétement obscures. Pendant ce temps, les oxydes et les sulfures se trouvent maintenus à cette température modérée qui suffit pour leur réaction mutuelle, et qui préserve les oxydes contre l'action scorifiante de la silice. Le mélange mécanique

indispensable à la réaction de matières demi-fluides, se trouve d'ailleurs incessamment renouvelé par un moyen aussi efficace qu'ingénieux, sans aucune dépense de main-d'œuvre ni d'outils. On se sert à cet effet de l'action exercée sur la matte pâteuse fluide par l'acide sulfureux qui s'en dégage sans cesse et qui traverse cette masse en tout sens. Le refroidissement se faisant d'abord sentir sur la surface du bain, il arrive un moment où les bulles d'acide sulfureux traversant avec effort la matière visqueuse, soulèvent celles-ci en larges ampoules : il se forme ainsi peu à peu une croûte scoriacée extrêmement poreuse formée comme tout le reste de la matte d'un mélange de sulfures et d'oxydes. A partir de ce moment, les matières placées sur une sole échauffée recouverte par cette croûte de matières solidifiées peu conductrices de la chaleur, se refroidissent avec une extrême lenteur : la réaction caractéristique de cette époque continue donc à s'y produire dans les conditions les plus favorables, avec un bouillonnement qui contribue au progrès de l'opération, encore plus efficacement que ne pourrait le faire un brassage permanent. Pendant ce travail des agents physiques et chimiques, la plupart des ouvriers peuvent quitter l'atelier : c'est à peine si l'un d'eux a besoin de charger de loin en loin du combustible sur la chauffe où le tirage se trouve presque entièrement supprimé.

A 6 heures du soir, soit 12 heures après le commencement de l'opération, la température étant considérablement diminuée, l'acide sulfureux, indice essentiel de la réaction mutuelle de l'oxyde de cuivre et des sulfures, cesse de se dégager : il devient nécessaire de chauffer de nouveau les ma-

tières; et ce réchauffement du four caractérise essentiellement la troisième époque du travail. On emploie de nouveau 6 heures pour reporter très-graduellement le four à la température où il était parvenu à la fin de la première époque : on atteint ce résultat en fermant hermétiquement toutes les portes et en laissant le registre ouvert, sauf pendant les courts intervalles où il convient d'imprimer une plus vive impulsion au tirage. La croûte scoriacée supérieure se liquéfie aussi graduellement qu'elle s'était formée dans l'époque précédente : la masse caverneuse, rougie à sa surface par le courant de flamme et par le rayonnement de la voûte et des parois, donne une certaine prise à l'action oxydante de l'air qui y afflue au travers du registre, tandis que les matières fondues filtrant au travers de la masse vont réagir sur la sole, dans les mêmes conditions que pendant la deuxième époque. On reproduit donc simultanément, jusqu'à un certain point, les deux réactions qui caractérisent les deux premières époques.

A minuit, soit 18 heures après le commencement de l'opération, la matière en élaboration ne retient plus qu'une faible quantité de soufre; il ne reste plus qu'à séparer le cuivre presque affiné des oxydes qui jusque-là y restent mécaniquement mélangés, en scorifiant ceux-ci au moyen de la silice. On y parvient en portant les matières à une température fort élevée. A cet effet l'ouvrier ferme le registre jusqu'alors ouvert : il lute avec de l'argile les interstices qui pourraient encore admettre l'air par ces ouvertures; il débarrasse la grille d'une partie du craya; il dégage particulièrement les divers orifices qu'il faut y maintenir, d'après la règle indiquée au § 4, pour

l'admission de l'air; enfin il entretient la chauffe pleine de combustible, par des charges qui, à dater de ce moment, se succèdent au moins à deux heures de distance. Sous l'influence de la haute température qui se développe, les oxydes réagissent sur la silice qui était mélangée mécaniquement sous forme de sable aux mattes chargées dans le four, et surtout à celle qui est fournie sur le pourtour de la sole par les parois du four et par l'argile que l'on y ajoute à cet effet. Sous la même influence, le cuivre devenant complétement fluide, se rassemble à la partie inférieure de la sole, abandonnant les oxydes qui montent à la surface et se dissolvent peu à peu dans les silicates. A 5h 45′ du matin, la séparation du cuivre et de la scorie étant complète, l'ouvrier écume le bain par la porte située à l'extrémité du grand axe, puis fait couler le cuivre et le reçoit dans une rigole formée de sable comme dans les opérations précédentes. Le four étant ainsi vidé, on procède aussitôt à l'introduction d'une nouvelle charge.

La proportion relative des matières premières et des produits de l'opération peut être établie ainsi qu'il suit : Balance des matières premières et des produits.

BALANCE DU RÔTISSAGE POUR CUIVRE BRUT.

Matières premières.		Produits.	
Matte blanche de la fonte IV.	0,577	Cuivre brut de matte blanche.	0,433
Mattes-régules du rôtissage VIII.	0,171	*Idem* de mattes-régules. . .	0.143
Fonds cuivreux de VI et VIII.	0,034	*Idem* de fonds cuivreux. . .	0,030
Minerai très-riche (6e classe).	0,035	Scorie de rôtissage, pour IV.	0,087
Matières terreuses : sable. . .	0,016	Débris de fourneaux, pour IV.	0,007
Idem : briques et argile. . .	0,008	Cuivre des balayures d'atelier, pour VI.	0.001
Oxygène atmosphérique. . .	0,159	Acide carbonique et eau du minerai.	0.001
Total.	1,000	Acide sulfureux.	0,298
		Total.	1,000

Temps d'activité et de chômage pour chaque four.

Les fours n'étant jamais soumis d'une manière permanente, comme ceux des fontes IV, V et VI, à l'influence d'une température élevée, se conservent beaucoup mieux que ces derniers. La chauffe et le pont durent un an environ; l'ensemble du four dure trois années. La sole elle-même se conserve pendant fort longtemps : elle s'imprègne fortement de cuivre et de matte, et tend plutôt à s'exhausser qu'à se ronger. Elle ne se détruit qu'à son pourtour suivant la ligne de contact avec les parois verticales du four : c'est sur cette ligne seulement qu'il faut remettre fréquemment un enduit de sable et surtout d'argile, afin de préserver la paroi en brique, de forcer la matière cuivreuse à couler vers le centre de la sole, et enfin de fournir au lit de fusion une partie des éléments de la scorification. Le temps de service de chaque four de rôtissage est réparti ainsi qu'il suit entre les époques de travail et de chômage :

Jours de travail effectif.		346
Jours de chômage :		
Dimanches et fêtes.	2	19
Réparations et mises en feu. . .	13	
Réserve (avec feu dans la chauffe).	4	
Chômage complet (hors feu). . .	0	
Total.		365

Les 7 fours nécessaires à l'élaboration des 172 tonnes de matières soumises chaque semaine au rôtissage sont donc en feu tous ensemble la plus grande partie de l'année. L'élaboration journalière moyenne correspond à l'emploi continu de 6,64 fours.

Les frais entraînés par le rôtissage doivent être évalués ainsi qu'il suit :

IX. *Frais de rôtissage pour 1 tonne de matières (mattes 0,916; fonds cuivreux 0,041; minerais 0,043).*

MAIN-D'ŒUVRE ET MATIÈRES.	JOURNÉES.	SALAIRE par journée.	DÉPENSE totale.
Main-d'œuvre.		shil.	shil
Ouvriers.—Transport des matières premières et des produits; rôtissage. .	0,081	3,98	0,322
Aides de nuit. — Rôtissage.	0,012	3,67	0,044
Enfants. — Transport du combustible et du craya.	0,232	0,85	0,197
Surveillance du travail.	0,081	3,14	0,254
	0,406	2,01	0,817
Matières.	tonnes.	Prix de la tonne.	
Combustible pour le travail normal .	0,534		
Idem pour les travaux accidentels.	0,060		
	0,594	4,95	2,940
Sable.	0,010	2,75	0,028
Briques réfractaires	0 005	26,00	0,130
Argile réfractaire.	0,008	8,00	0,064
Entretien du mobilier.	»	»	0,085
Total.	. . . . . .	. . . . . .	4,064

Le cuivre brut ou demi-affiné, produit principal de cette opération, se trouve divisé par suite de la disposition donnée à la rigole de coulée en pains peu épais et assez peu pesants pour être aisément maniés par les ouvriers : ils sont ordinairement imprégnés sur l'une de leurs faces du sable dans

Caractères physiques et composition du cuivre brut produit.

lequel ils ont été coulés. La masse du métal est criblée de cavités de toutes grosseurs qui ont fait donner à ce produit le nom de *blistered copper* (cuivre à ampoules); la cassure fraîche présente une couleur rouge foncé; les cavités offrent toujours des reflets bruns ou jaunâtres. Trois fragments provenant des principales subdivisions du travail, et débarrassés de tout mélange mécanique de scorie ou de sable ont donné à l'analyse :

	des mattes-rég les de scories.	de la matte blanche ordinaire.	des fonds cuivreux du travail extra-ordinaire.
Cuivre (par différ.)	0,989	0,984	0,975
Fer	0,008	0,007	0,007
Nickel, cobalt, manganèse	»	0,003	0,009
Étain et arsenic	»	0,004	0,008
Soufre	0,003	0,002	0,001
	1,000	1,000	1,000

Caractères physiques et composition de la scorie.

La scorie se distingue par son aspect extérieur de toutes celles qui se produisent dans les opérations précédentes : elle est d'un brun-noir, sans éclat métallique, ordinairement criblée d'une multitude de petites cavités; elle est fort difficile à briser, et résiste au choc du marteau, autant que certaines laves basaltiques poreuses, ayant à peu près les mêmes caractères extérieurs. Les scories enlevées avec le plus de soin retiennent encore une certaine quantité de cuivre en grenailles fines : on trouve en outre çà et là, dans les dernières scories retirées du four, d'assez grosses grenailles qui augmentent notablement la teneur en métal de l'ensemble de ce produit. L'analyse d'une scorie peu mélangée de cuivre, et l'évaluation approximative de la proportion de grosses grenailles entraînées par le râblage, m'ont conduit à

évaluer approximativement à 0,20 de cuivre la teneur moyenne de la scorie de rôtissage; l'analyse de la scorie la moins cuivreuse a donné :

Silice	0,475
Oxyde cuivreux	0,169
Oxyde ferreux	0,280
Oxydes de nickel, de cobalt, de manganèse	0,009
Oxyde stanneux	0,003
Alumine	0,030
Chaux et magnésie	traces
Cuivre métallique	0,020
Total	0,986

La composition chimique de cette scorie est représentée par la formule B^2Si^5; la proportion de silice y est supérieure à celle qui se trouve dans les scories de toutes les opérations précédemment décrites.

§ 12. — Xᵉ OPÉRATION. — *Raffinage du cuivre brut et préparation du* cuivre malléable.

Double but de l'opération.

Cette opération a pour but de séparer les traces de substances étrangères que retient encore le cuivre brut provenant du rôtissage, et d'amener le cuivre complétement purifié à cet état de douceur que ne possèdent pas tous les cuivres simplement affinés, et faute duquel on ne peut leur faire subir l'action du marteau ou du laminoir. Ce double caractère de la dernière opération de la méthode galloise est parfaitement indiqué par la double dénomination qui lui est donnée dans les ateliers: *refining and toughening* (1).

(1) Le mot *toughening*, appliqué à l'élaboration d'un métal, signifie l'*action de le rendre plus résistant :* j'ai vainement cherché dans la langue française usuelle un équivalent de cette excellente expression.

Matières premières.

On passe dans cette opération tous les cuivres bruts provenant de l'opération précédente, sans mélange d'aucune autre matière cuivreuse; les réactifs employés sont l'oxygène atmosphérique et les matières terreuses de la coulée, de la sole et des parois du four. On emploie en outre, vers la fin de l'opération, du charbon et du bois vert dont le rôle sera expliqué ci-après. Le combustible employé pour le chauffage des fours est un mélange de 0,70 d'anthracite et de 0,30 de houille; rendu à la fonderie, il revient au prix moyen de 4^shil.,95 la tonne.

Four de raffinage; dimensions relatives à une charge moyenne.

Le four de raffinage (*Pl. III, fig.* 1, 2 et 3) offre encore la disposition générale des fours de fusion; il diffère toutefois des types décrits jusqu'à présent par les particularités suivantes. La profondeur de la chauffe est portée jusqu'à 1^m,50, afin que l'on puisse produire dans l'unité de temps un plus grand volume de flamme, et surtout augmenter au besoin l'intervalle entre deux charges successives de combustible, sans affaiblir l'activité de la combustion. Le laboratoire a une plus grande capacité intérieure, afin que l'on puisse y introduire des charges très-considérables et dont le poids excède parfois 10 tonnes. Cette grande capacité n'est pas réclamée par le métal en fusion, mais bien par les fragments solides de la charge qui doivent être accumulés l'un sur l'autre, de manière à livrer à la flamme le plus grand passage possible; le four chargé est toujours rempli jusqu'à la voûte. Dans un four où la charge pèse moyennement 7 tonnes, et où les deux axes de la sole ont 3^m,50 et 2^m,50 de longueur, la hauteur du centre de la voûte au-dessous de la sole, est

ordinairement de 0m,88 près du pont, et de 0m,61 près de la porte de travail. Les métaux ayant beaucoup plus de tendance que les mattes à s'infiltrer au travers des vases terreux qui les contiennent à l'état de fusion, on donne ici à la sole sableuse une épaisseur de 0m,80; comme néanmoins les infiltrations peuvent encore s'y produire, on la dispose toujours sur une voûte au-dessous de laquelle on peut reprendre aisément le métal qui aurait traversé tout le massif. Le four a deux portes disposées comme celles des fours de rôtissage; on y pratique rarement un trou ou une embrasure de coulée. Le cuivre malléable est ordinairement enlevé à bras d'hommes au moyen de cuillers; on le puise devant la porte de travail, d'abord dans le bain qui recouvre toute la surface du fourneau, puis dans un bassin *d* qui forme le point le plus bas de la sole, et dans lequel affluent les dernières parties de la charge. Dans tous les fours précédents, où les ouvriers ont surtout à agir au moyen du râble sur des matières fluides ou pâteuses, il convient, pour le meilleur emploi de la force humaine, que la tablette de la porte de travail soit à 0m,61 environ au-dessus du sol. Le travail consistant principalement ici en une reprise du métal au moyen de grandes cuillers, la hauteur la plus convenable pour la tablette doit être réduite à 0m,46. Le fourneau de raffinage se trouve donc moins élevé que les précédents au-dessus du sol de la fonderie.

Le raffinage du cuivre, en raison de la grande quantité des matières élaborées et du poids considérable des pains de cuivre brut, exige une grande quantité de main-d'œuvre. L'élaboration propre- Ouvriers spéciaux et supplémentaires.

ment dite en exige fort peu; chaque four est conduit par un seul ouvrier raffineur. Comme les ouvriers chargés du rôtissage, les raffineurs s'associent deux à deux pour la conduite de deux fours. En exceptant quelques époques de travail qui seront désignées, et pendant lesquelles tout le personnel doit être réuni dans l'atelier, un seul ouvrier raffineur suffit pendant la plus grande partie de l'opération qui dure vingt-quatre heures, à la conduite de deux fours. La division des postes est exactement la même que pour les fours de rôtissage. Les raffineurs sont également aidés pour les postes de nuit par des ouvriers supplémentaires qui, pour deux fours, fournissent un poste de nuit après deux postes remplis par les ouvriers spéciaux, en sorte que chacun des ouvriers veille une nuit sur trois. Un aide de jour, payé 2 shill. par poste, est attaché au service de chaque four; il est particulièrement chargé d'apporter à l'atelier le charbon et le bois et d'en enlever le cuivre malléable; il fournit 6 postes par semaine. Un enfant est, comme pour les autres fours de fusion, chargé de transporter le combustible nécessaire à chaque four et le craya qui en provient. Le transport et le chargement du cuivre brut sont les manipulations qui absorbent le plus de main-d'œuvre; les ouvriers précédemment désignés ne sauraient suffire à ce service; ils sont aidés à ce début du travail par les ouvriers spécialement chargés du grillage des minerais et de la matte bronze (voir §§ 3 et 5). Chacun des fours de raffinage réclame ainsi pendant 3 heures le temps de 8 ouvriers supplémentaires; le service du chargement dans l'atelier de raffinage exige donc pendant un quart de poste la présence de 24 ouvriers, soit les deux

cinquièmes du nombre total des ouvriers attachés aux deux ateliers de grillage. Enfin un maître affineur, qui est ordinairement classé parmi les chefs de la fonderie, dirige l'atelier d'affinage et intervient dans le travail, ainsi qu'il sera indiqué plus loin.

En résumé, un atelier comprenant trois fours de raffinage actifs réclame approximativement chaque semaine les quantités de travail suivantes :

Ouvriers raffineurs.	18j	à 5 shill.	,00
3 aides de jour.	18	à 2	00
Aides de nuit y compris le réchauffage hebdomadaire.	8	à 3	67
3 enfants.	18	à 0	85
Aides chargeurs.	39,1	à 2	17
Idem.	26,4	à 2	33

Manipulations relatives à l'élaboration d'une charge.

L'élaboration d'une charge dure exactement 24 heures; ce temps se subdivise comme suit entre les diverses époques du travail :

Chargement; addition de matières terreuses; Réparation de la sole, etc.	3h 00'
Raffinage du cuivre brut;	
Fusion et commencement du raffinage. .	14 00
Scorification et gazéification des matières étrangères.	4 40
Premier écumage.	0 10
Conversion du cuivre raffiné en cuivre malléable;	
Traitement par le charbon et le bois. . .	0 25
Deuxième écumage et prise des essais. . . .	0 15
Enlèvement du cuivre et moulage en lingots. .	1 30
Total.	24 00

Le four étant entièrement débarrassé de la charge précédente, on commence, si le besoin

s'en fait sentir, par ajouter de l'argile réfractaire sur le pourtour de la sole, au bas des parois verticales du four : la sole elle-même présente souvent à sa surface des inégalités dues à l'action corrosive exercée en quelques points par l'oxyde de cuivre, et surtout aux dépôts produits par le sable adhérent au cuivre brut, par les charbons ajoutés à la charge précédente, enfin par le métal lui-même qui s'infiltre inégalement dans les diverses parties de la sole. Ces diverses causes de perturbation ont pour résultat définitif plutôt l'exhaussement que l'abaissement du niveau général, et la correction qu'y apporte l'ouvrier consiste généralement à détruire par le choc des râbles et des ringards les parties saillantes de la surface de la sole. On procède ensuite au chargement par les deux portes du four en opérant, pour l'introduction de chaque pain, ainsi qu'il a été indiqué au § 11. On s'attache à la fois à réserver entre les fragments la plus grande somme d'interstices, et à remplir aussi complétement que possible l'espace compris entre la sole et la voûte.

Le chargement fini, on lute hermétiquement les portes; et, pendant les 18 heures qui suivent, l'ouvrier de service n'a autre chose à faire qu'à conduire le feu. Le cuivre fond peu à peu en subissant à la fois l'action oxydante et l'action réductive des deux gaz qui constituent la flamme. Cette action toutefois se résout définitivement en une oxydation : l'oxyde de cuivre formé réagit soit directement, soit après s'être combiné avec la silice, sur les substances plus oxydables que le cuivre, et il se forme peu à peu une scorie dans laquelle passent, outre l'oxyde cuivreux formé en grand excès, les oxydes de tous

les métaux étrangers, qui étaient restés dans le cuivre brut.

Environ 21^{h} 40$'$ après le commencement de l'opération, le cuivre est débarrassé du soufre, de l'arsenic et des métaux étrangers, autant que le permet la nature du métal soumis au raffinage. C'est à ce moment que commence, à proprement parler, le travail de l'ouvrier raffineur, et l'on règle les époques de chargement de telle sorte que ce moment coïncide avec le commencement du poste de jour et la réunion de tous les ouvriers consacrés au service spécial de l'atelier. La première manipulation est l'écumage du bain pendant lequel l'ouvrier enlève la presque totalité de la scorie accumulée à la surface du métal. L'expérience prouve que le cuivre parvenu à ce degré d'élaboration est séparé autant que possible des matières qui jusque-là en avaient altéré la pureté; sous cette forme, il pourrait être vendu aux mêmes conditions que les cuivres provenant de certaines usines du continent, connus dans le commerce sous le nom de *cuivre rosette*, mais, comme ces derniers, il serait impropre à tous les emplois qui exigent de la malléabilité. L'opération dite *toughening* a spécialement pour objet de communiquer au métal cette qualité, laquelle, dans tous les procédés connus, manque toujours au moment précis où se termine l'affinage proprement dit. Dans la méthode galloise, comme dans toutes celles du continent, on parvient à ce résultat en maintenant le cuivre affiné au contact de charbons et de matières combustibles, pendant un intervalle de temps compris entre des limites extrêmement restreintes : l'expérience prouve, en effet, que la

malléabilité ne se prononce qu'après un certain temps de contact entre le charbon et le métal; qu'elle s'affaiblit déjà considérablement lorsqu'on prolonge seulement de quelques minutes la durée de ce contact; qu'enfin, par la continuation de cette même influence, elle ne tarde pas à se détruire complétement. La malléabilité ainsi détruite par un contact trop prolongé avec le charbon se rétablit lorsque après avoir enlevé ce dernier on laisse pendant un temps convenable la surface du métal fondu exposée à l'influence oxydante de l'air. Je n'insiste pas davantage ici sur ces faits constatés dans toutes les fonderies de cuivre, et connus de tous les métallurgistes; je me borne à décrire les moyens qu'emploient les fondeurs gallois pour préparer, sous ces influences combinées du charbon et de l'air, le cuivre malléable.

Manipulations spéciales à la préparation du cuivre malléable.

Aussitôt que l'écumage est terminé, on jette sur le bain quatre ou cinq pelletées de charbon de bois; celui-ci se répand immédiatement à la surface du fluide, et la recouvre presque complétement. Depuis huit à dix ans, on a trouvé dans le pays de Galles des anthracites d'une extrême pureté (voir § 1, p. 86) qui peuvent être employés à cet usage avec le même succès que le charbon de bois. Sous le rapport économique ces derniers sont d'un emploi plus avantageux, d'une part, parce qu'ils coûtent moins à poids égal, et, de l'autre, parce qu'ils persistent plus longtemps à la surface du bain. Il est vraisemblable que toutes les usines galloises adopteront peu à peu sous ce rapport la méthode des établissements qui, dès 1842, avaient renoncé presque entièrement au charbon de bois; l'usage de ce der-

nier combustible ne sera conservé que pour l'affinage des sortes de cuivre tout à fait supérieures.

Dès que le bain est recouvert de charbon végétal ou minéral, on y introduit une grosse perche de bois vert ayant environ $0^m,12$ de diamètre et qui plonge dans le milieu de la masse métallique, sur une longueur de $0^m,50$ environ. Sous l'influence de la haute température à laquelle il se trouve brusquement soumis, le bois dégage des gaz qui font bouillonner fortement la masse métallique et qui accélèrent considérablement l'effet qui serait produit à la longue par le combustible charbonneux.

Pendant la durée de ces manipulations, le tirage se trouve considérablement diminué. De la chauffe, qui a été fortement remplie au moment de l'écumage, sort avec une médiocre vitesse une flamme qui séjourne en quelque sorte sous la voûte et remplit en grande partie l'espace compris entre cette voûte et la surface du métal. L'air admis par la porte de travail, qui reste ouverte, ne pouvant entrer dans le laboratoire, et étant immédiatement appelé par la cheminée, ne peut contribuer à refroidir le four: Celui-ci conserve donc pendant toute cette époque une température fort élevée : les briques de la voûte et des parois laissent suinter ou tomber goutte à goutte des silicates fluides qui contribuent incessamment à reformer au-dessus du métal une nouvelle couche de scories.

Essais indiquant les qualités acquises à chaque instant par le métal, durant le raffinage.

Après avoir prolongé le bouillonnement pendant un intervalle de temps que les affineurs peuvent estimer d'avance, et qui, selon la qualité du métal, varie de 15 à 25 minutes, on commence à prendre des essais dans le bain de cuivre, pour sai-

sir le moment précis auquel le métal atteint le maximum de malléabilité. Cette prise d'essais est une des circonstances les plus intéressantes de la fabrication du cuivre; c'est une de celles qui peuvent le mieux montrer à quel degré remarquable les métallurgistes praticiens sont parvenus à réunir dans leurs méthodes de travail la simplicité des moyens à la précision rigoureuse des résultats. L'étude d'un atelier d'affinage démontre aussi qu'un art qui développe chez les ouvriers l'aptitude à observer des phénomènes aussi délicats doit, à quelques égards, exercer sur l'intelligence humaine et sur la civilisation une influence du même ordre que celle des sciences d'observation proprement dites.

L'appréciation des qualités que possède à chaque instant le bain de cuivre en élaboration se fait de la manière suivante : après avoir découvert une petite partie de la surface du bain à $1^{m},20$ environ au delà de la porte, l'ouvrier prend vivement une petite quantité de cuivre dans une lingotière soudée à l'extrémité d'une forte tige de fer; il ramène ainsi un petit lingot ayant environ $0^{m},04$ de longueur avec une section transversale de 1 1/2 centimètre carré. Ce lingot, placé sur une enclume, est immédiatement entaillé avec un ciseau d'acier, vers le milieu de sa longueur, sur un quart ou un tiers de son épaisseur. On le fixe ensuite par une de ses extrémités entre les mâchoires d'un étau, et on le rompt en deux parties en frappant fortement au marteau l'autre extrémité. La cassure fraîche ainsi obtenue présente pour chaque sorte de cuivre des nuances qui permettent à l'essayeur d'apprécier le degré de malléabilité. En outre, pour une espèce de cuivre déterminée, les caractères de la cassure

varient, de minute en minute, aux derniers moments de l'opération, par des nuances beaucoup plus tranchées que toutes celles qui pourraient être révélées par des réactions chimiques. L'exposé de tous les faits que j'ai pu constater avec l'assistance d'un habile affineur exigerait des développements qui ne peuvent trouver place dans le présent travail; une description claire des nuances délicates qu'apprécie sûrement l'œil d'un affineur exercé présenterait d'ailleurs des difficultés du même ordre que celles qu'aurait à surmonter un minéralogiste qui se proposerait de décrire tous les caractères indispensables à la détermination pratique des minéraux. Je crois cependant utile de fixer l'esprit du lecteur sur l'admirable efficacité des méthodes découvertes par les fondeurs gallois; dans ce but, j'exposerai les faits relatifs à l'un des cas les plus simples, à l'affinage des cuivres provenant des mattes-régules de scories, les plus purs que livrent au commerce les fonderies galloises.

Caractères spéciaux des essais dans le cas d'un cuivre de première qualité.

Si l'on opère, comme il a été dit ci-dessus, en prenant des essais de minute en minute, en commençant à une époque où l'action du charbon et le bouillonnement produit par le bois n'ont point été suffisamment prolongés, et en continuant indéfiniment à laisser le métal sous cette double influence, on observe dans la cassure des lingots successifs les caractères suivants. Les premiers lingots présentent une cassure grenue, mate, terne, d'un rouge-brique foncé : c'est à peine si l'on remarque un indice d'éclat métallique dans la partie de la cassure ou de l'arrachement contigu à l'entaille faite à l'aide de l'acier. Dans les échantillons suivants, ces caractères se modifient par nuances

insensibles, jusqu'à un certain type pour lequel la cassure est à fibres extrêmement déliées. L'éclat métallique très-prononcé, surtout dans la partie contiguë à l'entaille, y offre un reflet soyeux très-prononcé; la couleur est un rouge pâle caractéristique qu'on pourrait appeler *rose-cuivre*. A partir de ce type, la cassure redevient plus grossière; on y voit apparaître des fibres qui se prononcent de plus en plus et sur lesquelles on voit bientôt se développer des stries transversales; l'éclat, sans perdre le brillant métallique, cesse d'être soyeux; la couleur devient plus pâle, et prend une nuance jaunâtre très-décidée.

A dater d'une certaine époque, ces caractères ayant acquis tout leur développement persistent sans aucune modification. Si alors, après avoir enlevé le charbon et le bois, on laisse la surface du bain exposée sans défense à l'influence oxydante de l'air, cette suite de caractères se représente dans un ordre exactement inverse. En outre, l'expérience prouve invariablement que les types extrêmes grenus et fibreux correspondent à des cuivres qui ne peuvent supporter aucune action mécanique, et que le maximum de malléabilité que comporte la nature du métal correspond au type le plus soyeux.

Dans la pratique, on se garde, autant que possible, de prolonger l'action du bois et du charbon au delà de ce terme moyen; dès qu'on y est parvenu, on s'empresse de faire un 2e écumage qui enlève les charbons restant à la surface et la mince couche de scorie qui s'est reformée : on jette une pelletée de charbons frais qui s'éparpillent à la surface du métal; on charge fortement la grille pour former, par distillation, une certaine quantité

de gaz combustible qui arrive sous la voûte et y brûle avec une extrême lenteur; on procède ensuite à la coulée. Celle-ci se fait très-diversement, selon la destination à donner au cuivre : dans le cas le plus ordinaire, tous les ouvriers de l'atelier se réunissent pour l'enlever à la cuiller, et cette manipulation, quelque activité qu'on y apporte, dure environ 1 heure 1/2. Pendant ce temps, on continue à prendre des essais dans les cuillers mêmes avec lesquelles le métal est puisé. Les charbons épars à la surface doivent y exercer une action inverse à celle qui est produite par l'oxygène atmosphérique, et sous cette double influence, le métal doit rester, en quelque sorte, dans l'état d'équilibre existant au commencement de la coulée. Les essais indiquent si cet équilibre tend à être altéré; selon que le métal tend à prendre la structure grenue ou fibreuse, on ajoute quelques nouveaux charbons à la surface du bain, ou on retire quelques-uns de ceux qui s'y trouvent. Enfin, aussitôt que tout le cuivre est enlevé, on procède à une nouvelle opération.

La proportion relative des matières premières et des produits de cette dernière opération peut s'établir ainsi qu'il suit : **Balance des matières premières et des produits.**

BALANCE DU RAFFINAGE POUR CUIVRE MALLÉABLE.

Matières premières.		Produits.	
Cuivres bruts.	0,954	Cuivres marchands.	0,908
Matières terreuses : sable.	0,013	Scorie de raffinage, pour IV.	0,055
Idem, briques et argiles.	0,021	Débris de fourneaux, pour IV.	0,022
Oxygène atmosphérique.	0,012	Cuivre des balayures, pour VI.	0,002
		Acide sulfureux.	0,013
Total.	1,000	Total.	1,000

Les fours de raffinage se détruisent plus rapidement que tous les autres; le four tout entier doit

être, trois fois par an, rebâti complétement à neuf, à l'exception de la sole que l'on se contente de repiquer à la partie supérieure, et où l'on ajoute seulement une couche de sable épaisse de $0^m,10$. La chauffe et le pont durent autant que la voûte et les parois. Le rampant qui conduit la flamme à la cheminée se détériore complétement en six semaines; mais cette réparation, pouvant être faite aisément le dimanche, n'entraîne aucun chômage spécial. L'emploi du temps de chaque four est indiqué ci-après :

Jours de travail effectif.		234
Jours de chômage :		
Dimanches et fêtes.	45	131
Réparations et mises en feu.	81	
Réserves (avec feu dans la chauffe).	5	
Chômage complet (hors feu).	0	
Total.		365

Les frais qu'entraîne le raffinage sont indiqués dans le tableau suivant :

X. *Frais de raffinage pour 1 tonne de cuivre brut.*

MAIN-D'ŒUVRE ET MATIÈRES.	JOURNÉES.	SALAIRE par journée.	DÉPENSE totale.
Main-d'œuvre.		shil.	shil.
Ouvriers raffineurs. — Transports et raffinage.	0,141	5,00	0,705
Aides de jour. — *Idem*.	0,141	2,00	0,282
Idem de nuit. — Raffinage.	0,063	3,67	0,231
Aides chargeurs (grilleurs de minerai).	0,306	2,17	0,664
Idem (grilleurs de matte). .	0,207	2,33	0,482
Enfants. — Transport du combustible et du craya.	0,141	0,85	0,120
	0,999	2,49	2,484
Matières.	Tonnes.	Prix de la tonne.	
Combustible pour le travail normal. .	0,346		
Id. pour les travaux accidentels.	0,081		
	0,427	4,95	2,114
Anthracite de choix pour la fin du raffinage.	0,060	12,00	0,720
Bois pour le bouillonnement.	0,023	30,00	0,690
Sable pour les soles, ou chargé avec le cuivre.	0,060	2,75	0,165
Briques réfractaires.	0,009	26,00	0,234
Argile.	0,012	8,00	0,096
Entretien du mobilier.	»	»	0,177
Total.	. . . . . .	. . . . . .	6,680

Il existe dans les qualités des cuivres gallois de grandes différences résultant à la fois de la nature

Classification des cuivres marchands.

des minerais et du traitement métallurgique : parmi les variétés que distingue le commerce je citerai le nom de six catégories ainsi que leurs prix marchands moyens pendant l'année 1848.

	liv. st.
Première qualité. —*Best selected copper*, des mattes-régules (de scories)	98,0
Deuxième qualité. — *Best selected copper*, des mattes-régules (extra process)	97,5
Troisième qualité. — *Tough copper* (pour exportation). Cuivre du travail ordinaire mêlé d'un tiers de *best selected* (2e q.)	96,0
Quatrième qualité. —*Tough copper.* Cuivre du travail ordinaire (minerais ordinaires)	95,2
Cinquième qualité. — *Tile copper.* Cuivre du travail ordinaire (minerais chargés de matières nuisibles)	94,0
Sixième qualité. — *Tile copper.* Cuivre des fonds cuivreux (VI et VIII)	93,5

Les deux premières qualités sont des cuivres dans l'état de pureté presque absolue ; ils ne présentent que de simples traces des substances qui altèrent profondément les propriétés utiles des dernières qualités. Celles-ci au contraire tiennent jusqu'à 0,008 d'arsenic, de nickel et d'étain ; ces trois corps persistent beaucoup plus que toutes les autres substances qui se trouvent en présence du cuivre dans les diverses opérations et ne sont ordinairement associés qu'à des traces de fer et de soufre.

Caractères et composition de la scorie de raffinage.

La scorie de raffinage n'acquiert pas dans le fourneau une fluidité complète : retirée du four et refroidie, elle présente de nombreuses cavités et une couleur d'un rouge foncé ; elle n'est pas partout homogène et l'on y remarque çà et là des fragments de matières argileuses détachées des pa-

rois du four et qui ne sont dissoutes que partiellement dans la masse. Les premières scories enlevées ne tiennent pas de cuivre métallique, les dernières sont mélangées de nombreuses grenailles: j'ai conclu d'un bocardage effectué sur 10 kilogrammes de scories mélangées, que celles-ci tenaient approximativement 0,09 de métal. Ce résultat, rapproché de l'analyse d'un fragment exempt de cuivre métallique, donne pour la totalité du produit la composition moyenne suivante :

Silice.	0,474
Oxyde cuivreux.	0,362
Oxyde ferreux.	0,031
Oxydes de nickel, de manganèse, etc.	0,004
Oxyde stanneux.	0,002
Alumine.	0,020
Chaux.	0,010
Magnésie.	0,002
Cuivre en grenailles.	0,090
	0,995

Ce silicate qui correspond à la formule B^3Si^4, est, comme on voit, plus riche en silice que toutes les autres scories de procédé gallois; il est essentiellement formé d'un silicate d'oxyde cuivreux: on conçoit donc, en se reportant aux réactions qui ont lieu dans la fonte IV, pourquoi la scorie de raffinage joue un rôle si utile dans cette dernière opération.

§ 13. *Calcul des réactions métallurgiques propres à la méthode galloise.*

Difficulté de déterminer les réactions fondamentales de chaque méthode métallurgique.

Pour arriver aux divers résultats mentionnés dans les précédents paragraphes, et en particulier pour déterminer les nombres précis et coordonnés entre eux, présentés dans le cours de cet ouvrage,

j'ai d'abord supposé réunies dans une sorte d'*usine-type* prise pour base de cette description, toutes les circonstances qui semblent être caractéristiques pour la méthode galloise. Cette description toutefois serait restée très-vague, si je m'étais contenté de présenter le résultat des observations que j'ai eu occasion de faire sur chacune des opérations essentielles de la *méthode-type*, si je n'avais recherché la connexion qui existe entre les dix opérations, et, entre autres choses, les relations qui lient nécessairement la composition des minerais, des autres matières premières et des produits intermédiaires successivement obtenus, avec celle des produits définitifs du travail.

Cette difficulté se présente également pour des branches plus simples de métallurgie, où se traitent des minerais moins variés et de composition plus constante. En discutant, en effet, des résultats observés isolément pour deux opérations successives d'une même fonderie, on trouve ordinairement qu'ils n'ont point entre eux les relations que commanderaient les lois de la physique et de la chimie, et que souvent même ils impliquent une véritable contradiction. Ces anomalies forment le plus grand obstacle au progrès de la métallurgie théorique. Si cette difficulté n'a point été vaincue à une époque où d'autres sciences d'observation ont atteint un si haut degré de précision, c'est qu'il faut ici des efforts particuliers et en quelque sorte une méthode spéciale pour mettre en relief les phénomènes permanents, réguliers, normaux, que doit produire l'influence combinée des agents physiques et du travail humain, au milieu des irrégularités, pour ainsi dire infinies, qu'impliquent l'intervention de l'homme et la nature éminem-

ment variable des matières minérales. Il est essentiel de remarquer d'ailleurs qu'à ces obstacles dérivant de la nature des choses, se joint trop souvent la difficulté d'obtenir l'accès des ateliers et d'observer les faits en toute liberté.

Chargé de professer la métallurgie devant des hommes nourris de l'étude des sciences exactes, je n'ai pas tardé à apprécier les obstacles qu'un tel état de choses oppose à la création d'un enseignement philosophique. J'ai reconnu de suite que ce défaut d'harmonie dans les résultats bruts de l'observation ne permettrait pas d'obtenir pour la métallurgie considérée comme science, un intérêt proportionné à l'importance que celle-ci a toujours possédée comme art usuel dans l'économie des sociétés; que, pour constituer l'enseignement de la métallurgie, il fallait en premier lieu observer, dans les principaux groupes de fonderies, les travaux qui sont l'objet même de cette science; en second lieu discuter les phénomènes observés, chercher leurs relations mutuelles, les classer en quelque sorte par ordre d'importance, afin de dégager les faits fondamentaux de la complication et de l'irrégularité introduites dans tous les travaux par une multitude de circonstances dont on ne saurait tenir compte sans tomber dans la confusion.

Principes généraux d'après lesquels ont été déterminées les réactions métallurgiques.

Ce n'est point ici le lieu d'exposer les principes qu'il convient de suivre pour porter la métallurgie au degré de précision déjà atteint par plusieurs sciences d'observation qui sont, en quelque sorte, en contact avec elles. Je m'attacherai ici à indiquer sommairement le plan que j'ai suivi, pour coordonner et embrasser dans un cadre complet

tous les détails essentiels de la méthode galloise; pour déterminer les proportions relatives et la composition chimique des matières premières et des produits des dix opérations qu'on y exécute, et en particulier pour me mettre en mesure de produire les résultats donnés dans le § 2, en ce qui concerne la nature et la composition des sept classes de minerais fondus dans le pays de Galles. Les tableaux présentés ci-après, où se trouvent calculées, dans leurs moindres détails, toutes les réactions caractéristiques de chacune de ces dix opérations, offrent d'ailleurs, à beaucoup d'égards, un exposé complet de la méthode de calcul que je propose d'appliquer à la description de tous les procédés métallurgiques.

La méthode d'investigation que j'ai constamment suivie est fondée sur ce principe évident que toutes les substances employées comme réactifs ou comme matières premières dans une opération métallurgique, doivent se retrouver dans les produits. J'ai donc considéré qu'une opération n'était suffisamment étudiée que lorsqu'il m'était possible d'établir une balance exacte, non-seulement entre ces matières et ces produits, mais encore entre leurs principes constituants.

Chacune des dix opérations partielles étant ainsi étudiée d'une manière complète pour le cas particulier qu'il m'avait été permis d'observer et pour lequel de nombreuses collections de matières et de produits avaient toujours été réunies, j'ai établi ensuite, par une sorte d'interpolation, les relations qui devaient nécessairement exister entre les mêmes opérations considérées dans leur ensemble.

Ces sortes de recherches ne sont pas aussi com-

pliquées que cet énoncé pourrait le faire supposer pour une méthode comprenant dix opérations très-complexes et liées d'une manière intime. Beaucoup de circonstances particulières viennent fournir le moyen de simplifier des calculs qui, il faut l'avouer, sont toujours fort longs, lorsqu'on veut atteindre à une grande exactitude.

Moyens spéciaux de détermination et de calcul tirés de circonstances particulières à la méthode galloise.

C'est ainsi, par exemple, que dans les recherches concernant la méthode galloise, j'ai tiré un grand secours de cette remarque, qu'il ne sort des ateliers que trois produits fixes, définitifs : le cuivre marchand (avec un peu d'alliage stanneux) et deux scories à rejeter provenant l'une de la fonte II, l'autre de la fonte VI. Or, si l'on connaît, ce qui est chose facile, le poids et la composition moyenne des scories rejetées pendant une année (§ 16, 10), si l'on détermine en outre le poids et la composition des fondants introduits dans le traitement pendant le cours d'une année, ce qui ne présente guère de difficultés pour des matières homogènes et régulières, on déduira de ces deux renseignements un grand nombre de résultats précis touchant la nature des minerais. Il est clair, par exemple, que connaissant la quantité totale d'alumine rejetée sous forme de scories, et celle qui a été introduite à l'état de fondant, on aura par différence la somme totale d'alumine contenue dans les minerais fondus pendant une année entière. Ce dernier résultat, au contraire, ne pourrait être déduit avec quelque exactitude de l'analyse directe de plusieurs milliers de lots de minerais dont la composition varie à l'infini, et qui ne séjournent parfois qu'un moment dans les dépôts de l'usine. Un métallur-

giste voyageur ne pourrait jamais réunir les éléments d'un tel travail : de telles recherches ne pourraient être entreprises que par les propriétaires de fonderies, qui vraisemblablement n'en apprécieront pas de longtemps l'utilité. La quantité d'alumine contenue dans chacune des sept classes de minerais peut également se déduire, par différence, de l'étude des scories et des fondants de l'opération particulière où les minerais de cette classe sont fondus. Les résultats partiels ainsi obtenus pour les minerais et les fontes dont les scories sont immédiatement repassées dans le travail même, ne correspondent à la vérité qu'à la période de travail pendant laquelle auront été observées ces scories; mais on les rectifie ensuite par interpolation d'après la condition que leur somme soit égale au résultat déduit, pour l'ensemble des minerais, de l'étude des scories définitivement rejetées.

Nécessité de recourir souvent à des moyens indirects d'observation et de calcul.

Il m'a semblé que le meilleur moyen de provoquer les savants à introduire dans les études métallurgiques une précision qui leur a fait défaut jusqu'à ce jour, était de résoudre complétement pour un cas particulier le programme que je recommande à leur sollicitude. J'ai pensé aussi qu'en traitant d'une industrie déterminée, il convenait d'insister sur la solution spéciale qui s'y rapporte plutôt que sur la méthode générale applicable à tous les cas. Il faut remarquer d'ailleurs que les méthodes les plus générales et les plus directes ne pourront toujours être employées par les savants voués à l'étude de la métallurgie théorique. Ceux-ci ne disposent pas des faits, comme le font la plupart des observateurs, qui

s'appliquent à l'étude des phénomènes naturels; ils ne peuvent, ordinairement, suivre dans les ateliers un plan d'observation tracé à l'avance. Trop souvent ils doivent se borner à constater un nombre limité de faits, et s'abstenir d'aller au delà; ils doivent en outre recourir à un certain nombre de résultats communiqués, qu'ils ne peuvent, dans aucun cas, constater eux-mêmes, et qui, par beaucoup de motifs, sont loin d'offrir les garanties d'exactitude que présentent les faits observés dans une intention scientifique.

Les méthodes de calcul à employer dans chaque cas sont entièrement subordonnées à la nature des données dont on dispose et au degré de confiance qu'il faut accorder à chacune d'elles. Ces méthodes sont aussi irrégulières, et admettent des artifices aussi imprévus que ceux qu'emploient les géomètres pour intégrer les diverses fonctions: elles tirent un grand secours des tracés graphiques et des approximations successives au moyen desquels on tire un résultat moyen de plusieurs résultats non concordants. Enfin les résultats les plus probables ainsi déduits de données tantôt rigoureuses, tantôt insuffisantes ou douteuses, se vérifient toujours par la condition d'être conformes aux lois de la composition chimique des corps et à la condition d'égalité qui doit toujours exister dans le poids des matières premières et des produits de chaque opération métallurgique.

Les fonderies du pays de Galles forment certainement l'un des groupes métallurgiques où ce genre de recherches offrait le plus de difficultés: il suffira donc d'étudier attentivement les tableaux placés à la fin de ce paragraphe pour se familia-

riser complétement avec les méthodes de calcul, d'approximation, d'interpolation, auxquelles il faut recourir dans tous les cas qui se peuvent présenter.

Degré d'approximation atteint dans les 10 tableaux relatifs aux réactions métallurgiques.

Je terminerai cet exposé par quelques réflexions sur le degré d'approximation que présentent les calculs dont le résumé est donné ci-après dans les dix tableaux correspondant aux dix opérations de la méthode galloise.

Les analyses chimiques qui servent de point de départ à la plupart de ces calculs donnent, à quelques millièmes près, la composition des matières premières et des produits qui ont été effectivement analysés; mais, pour ne point compliquer les calculs outre mesure, on a dû souvent faire abstraction de substances qui n'entrent que pour un petit nombre de millièmes dans la composition des matières; celle-ci n'est donc généralement déterminée qu'à un demi-centième près. Tous les calculs sont établis ci-après pour la quantité de matières et de produits qui correspondent au travail d'une semaine; on n'a tenu compte dans les calculs que des dixièmes de tonne: il en résulte que les matières dont la composition est exprimée de la manière la plus exacte sont celles qui entrent pour vingt tonnes environ dans le travail hebdomadaire; pour les matières employées en quantité beaucoup moindre, le détail de la composition n'est point rendu avec une exactitude comparable à celles de l'analyse. C'est le contraire pour les matières employées ou produites en quantité beaucoup plus grande: pour celles-ci on n'a conservé le dernier chiffre que pour obtenir dans chaque tableau une coïncidence exacte entre tous les nombres.

On a été ainsi conduit à faire abstraction, dans les réactions relatives à plusieurs opérations, de certaines substances dont la présence est fort importante au point de vue technique, mais qui interviennent en trop faible quantité pour être exprimées en nombres avec le degré d'approximation ci-dessus indiqué. Tels sont, par exemple: l'arsenic contenu dans les minerais de la première classe; les métaux étrangers, étain, nickel, cobalt, etc., contenus en petites doses dans les mattes plus ou moins affinées, etc. Pour tenir toujours compte de la présence de ces substances dans les matières premières et dans les produits des diverses opérations, il aurait fallu calculer avec deux décimales tous les nombres des dix tableaux suivants, ce qui eût entraîné des difficultés à peu près insurmontables, et, en tous cas, hors de proportion avec l'utilité qu'on aurait pu retirer des résultats à atteindre. Tels qu'ils sont rédigés, ces tableaux suffisent pour indiquer la proportion relative de toutes les matières qui concourent essentiellement aux réactions de la méthode galloise, et par conséquent pour asseoir sur de solides bases la description des phénomènes qui s'y accomplissent; on ne les améliorerait que médiocrement en y tenant compte des matières accidentelles dont les plus légères traces suffisent pour modifier la qualité commerciale des produits. On peut du reste complétement apprécier l'influence de ces matières par les détails présentés dans les § 3 à 12.

§ 13. — APPENDICE.

TABLEAUX ANALYTIQUES

SUR LES RÉACTIONS MÉTALLURGIQUES

DES 10 OPÉRATIONS

DE LA MÉTHODE GALLOISE.

I. Grillage

Désignation des matières premières et des produits.	Poids total.	Matières terreuses et éléments des silicates.					
		Silice.	Oxyde ferreux.	Alumine	Chaux.	Magnésie.	Oxydes divers.
Minerai à griller (1re cl.) .	720,1	294,4	»	11,7	1,2	3,1	»
Oxygène atmosphérique..	135,0	»	»	»	»	»	»
Total des matières..	855,1	294,4	»	11,7	1,2	3,1	»
Minerai grillé pour II. . .	668,4	294,4	»	11,7	1,2	3,1	»
Acide sulfureux.	182,5	»	»	»	»	»	»
Eau et acide carbonique.	4,2	»	»	»	»	»	»
Total des produits. .	855,1	294,4	»	11,7	1,2	3,1	»
Minerai à griller (2e cl.)..	21,5	5,4	»	0,2	0,1	»	»
Oxygène atmosphérique..	4,1	»	»	»	»	»	»
Total des matières..	25,6	5,4	»	0,2	0,1	»	»
Minerai grillé pour V. . .	20,0	5,4	»	0,2	0,1	»	»
Acide sulfureux.	5,4	»	»	»	»	»	»
Eau et acide carbonique.	0,2	»	»	»	»	»	»
Total des produits.	25,6	5,4	»	0,2	0,1	»	»

II. Fonte pour

Désignation des matières premières et des produits.	Poids total.	Matières terreuses et éléments des silicates.					
		Silice.	Oxyde ferreux.	Alumine	Chaux.	Magnésie.	Oxydes divers.
Minerai grillé (1re classe).	668,4	294,4	»	11,7	1,2	3,1	»
Minerai brut (2e classe). .	77.6	21,8	»	1,0	0,2	0,2	»
	746,0	316,2	»	12,7	1,4	3,3	»
Scorie pauvre de IV . . .	79,1	26,6	44,4	1,3	1,1	0,2	1,7
Id. de V. . . .	47,0	14,4	28,4	0,4	0,6	0,1	0,9
Id. de VII. . .	7,0	2,6	3,7	0,1	0,2	»	0,2
Fondant fluoré	38,0	9,4	»	2,6	0,5	»	»
Matériaux terreux : soles.	1,3	1,2	»	»	0,1	»	»
Id. briques.	5,3	4,2	»	1,1	»	»	»
Total des matières..	923,7	374,6	76.5	18,2	3,9	3.6	2.8
Matte bronze pour III. . .	253,7	1,9	0,9	»	»	»	»
Scorie à rejeter.	600,1	362,6	171,5	17,4	12,0	3,6	8,4
Débris de fours, pour IV.	8,7	5,8	0,5	0,8	0,1	»	»
Acide sulfureux.	50,6	»	»	»	»	»	»
Soufre gazéifié	1,4	»	»	»	»	»	»
Fluorure de silicium. . .	7,5	»	»	»	»	»	»
Eau et acide carbonique.	1,7	»	»	»	»	»	»
Total des produits.	923,7	370,3	172,9	18,2	12,1	3,6	8,4
Revirements pr balance. .	0,0	+ 4,3	— 96,4	»	— 8,2	»	— 5,6
Total égal.	923,7	374,6	76,5	18,2	3,9	3,6	2,8

des minerais.

Sulfures et oxydes métalliques; oxygène atmosphérique. Cuivre.	Fer.	Métaux divers.	Soufre.	Oxygène	Eau et acide carbonique.	Observations.
70,5	148,2	7,6	176,4	2,8	4,2	Les deux sortes de minerais à griller sont traités de la même manière, mais dans des fours différents. On ne compte point ici parmi les réactifs du grillage l'azote mélangé à l'oxygène atmosphérique qui réagit sur le minerai.
»	»	»	»	135,0	»	
70,5	148,2	7,6	176,4	137,8	4,2	
70,5	148,2	7,6	84,9	46,8	»	
»	»	»	91,5	91,0	»	
»	»	»	»	»	4,2	
70,5	148,2	7,6	176,4	137,8	4,2	
4,9	4,7	»	5,9	0,1	0,2	
»	»	»	»	4,1	»	
4,9	4,7	»	5,9	4,2	0,2	
4,9	4,7	»	3,2	1,5	»	
»	»	»	2,7	2,7	»	
»	»	»	»	»	0,2	
4,9	4,7	»	5,9	4,2	0,2	

matte bronze

Sulfures et oxydes métalliques. Cuivre.	Fer.	Métaux divers.	Soufre.	Oxygène	Eau et acide carbonique.	Fluorures. Fluor.	Silicium.	Calcium.
70,5	148,2	7,6	84,9	46,8	»	»	»	»
14,1	17,9	0,7	19,6	1,6	0,5	»	»	»
84,6	166,1	8,3	104,5	48,4	0,5	»	»	»
2,9	0,2	»	0,6	0,1	»	»	»	»
1,3	0,4	»	0,5	»	»	»	»	»
0,2	0,0	»	0,0	»	»	»	»	»
»	0,3	»	»	0,1	1,2	11,4	»	12,5
»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»
89,0	167,0	8,3	105,6	48,6	1,7	11,4	»	12,5
85,5	86,8	3,8	74,8	»	»	»	»	»
3,0	5,4	»	3,6	»	»	6,0	»	6,6
0,5	0,6	»	0,4	»	»	»	»	»
»	»	»	25,4	25,2	»	»	»	»
»	»	»	1,4	»	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	5,4	2,1	»
»	»	»	»	»	1,7	»	»	»
89,0	92,8	3,8	105,6	25,2	1,7	11,4	2,1	6,6
»	+ 74,2	+ 4,5	»	+ 23,4	»	»	— 2,1	+ 5,9
89,0	167,0	8,3	105,6	48,6	1,7	11,4	»	12,5

III. *Grillage de*

DÉSIGNATION des matières premières et des produits.	POIDS total.	MATIÈRES TERREUSES ET ÉLÉMENTS DES SILICATES.					
		Silice.	Oxyde ferreux.	Alumine	Chaux.	Magnésie.	Oxydes divers.
Matte bronze à griller. .	253,7	1,9	0,9	»	»	»	»
Oxygène atmosphérique.	61,8	»	»	»	»	»	»
Total des matières.	315,5	1,9	0,9	»	»	»	»
Matte grillée, pour IV. .	169,1	1,3	0,6	»	»	»	»
Id. pour V. .	78,0	0,6	0,3	»	»	»	»
	247,1	1,9	0,9	»	»	»	»
Acide sulfureux.	68,4	»	»	»	»	»	»
Total des produits. .	315,5	1,9	0,9	»	»	»	»
Revirements pour balance.	0,0	»	»	»	»	»	»
Total égal.	315,5	1,9	0,9	»	»	»	»

IV. *Fonte pour matte*

DÉSIGNATION des matières premières et des produits.	POIDS total.	MATIÈRES TERREUSES ET ÉLÉMENTS DES SILICATES.					
		Silice.	Oxyde ferreux.	Alumine	Chaux.	Magnésie.	Oxydes divers.
Matte grillée de III. . . .	169,1	1,3	0,6	»	»	»	»
Minerais bruts (4[e] classe)	73,5	23,0	»	»	1,1	0,4	»
Produits cuivreux (7[e] cl.).	2,0	0,3	»	»	»	»	»
Scorie du rôtissage IX. .	18,3	4,8	9,0	0,3	0,2	»	»
Id. du raffinage X. .	7,3	2,0	1,6	0,2	0,1	»	0,1
Débris de fours, de II, et de IV à X	18,0	12,4	0,6	2,0	0,2	»	»
Matériaux terreux : soles.	12,6	11,3	0,2	0,2	0,8	0,1	»
Id. briques.	1,9	1,5	»	0,4	»	»	»
Total des matières.	302,7	56,6	12,0	3,1	2,4	0,5	0,1
Matte blanche, pour IX. .	121,7	»	»	»	»	»	»
Scorie pauvre, pour II. .	79,1	26,6	44,4	1,3	1,1	0,2	1,7
Id. riche, pour VI. . .	85,0	28,0	46,7	1,4	1,2	0,3	1,7
Débris de fours, pour IV.	2,8	2,0	0,1	0,4	0,1	»	»
Acide sulfureux.	13,0	»	»	»	»	»	»
Eau et acide carbonique.	1,1	»	»	»	»	»	»
Total des produits.	302,7	56,6	91,2	3,1	2,4	0,5	3,4
Revirements pour balance.	0,0	»	−79,2	»	»	»	−3,3
Total égal.	302,7	56,6	12,0	3,1	2,4	0,5	0,4

[illegible]ite.

SULFURES ET OXYDES MÉTALLIQUES ; OXYGÈNE ATMOSPHÉRIQUE.					EAU et acide carbonique.	OBSERVATIONS.
Cuivre.	Fer.	Métaux divers.	Soufre.	Oxygène		
85,5	86,8	3,8	74,8	»	»	On a admis, pour simplifier les calculs, que les mattes destinées aux opérations IV et V, ont la même composition chimique. Dans la réalité la dernière est plus pure que la première et tient par exemple une moindre proportion de métaux divers autres que le fer et le cuivre.
»	»	»	»	61,8	»	Il se dégage dans les grillages I et III, avec l'acide sulfureux, une quantité d'acide sulfurique considérable que je n'ai point déterminée : la quantité d'oxygène atmosphérique consommée est donc en réalité plus grande que je ne l'ai supposé dans le tableau I et III (voir p. 468).
85,5	86,8	3,8	74,8	61,8	»	
58,5	59,5	2,5	27,7	19,0		
27,0	27,3	1,3	12,8	8,7	»	
85,5	86,8	3,8	40,5	27,7	»	
»	»	»	34,3	34,1	»	
85,5	86,8	3,8	74,8	61,8	»	
»	»	»	»	»	»	
85,5	86,8	3,8	74,8	61,8	».	

blanche ordinaire.

SULFURES ET OXYDES MÉTALLIQUES.					EAU et acide carbonique.	OBSERVATIONS.
Cuivre.	Fer.	Métaux divers.	Soufre.	Oxygène		
58,5	59,5	2,5	27,7	19,0	»	Les *revirements pour balance* dont il est déjà question dans le tableau II et qui se reproduisent dans tous les tableaux suivants ont pour objet : d'une part, de signaler les changements qui se produisent par la fusion dans les principaux groupes de combinaisons; de l'autre, de prouver qu'il y a balance exacte entre les matières premières et les produits de chaque opération. La somme des matières ajoutées dans ces revirements est toujours égale, aussi bien dans le total que dans le détail, à la somme des matières retranchées. Ces revirements portent toujours sur les substances qui, par le fait de la fusion, passent du groupe des sulfures, des oxydes et des fluorures dans le groupe des silicates, ou réciproquement.
28,3	8,8	0,1	4,5	6,2	1,1	
1,5	»	»	»	0,2	»	
3,6	»	»	»	0,4	»	
3,0	»	»	»	0,3	»	
1,8	0,6	»	0,4	»	»	
»	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	»	»	
96,7	68,9	2,6	32,6	26,1	1,1	
89,1	7,7	»	24,9	»	»	
2,9	0,2	»	0,6	0,1	»	
4,5	0,3	»	0,6	0,3	»	
0,2	»	»	»	»	»	
»	»	»	6,5	6,5	»	
»	»	»	»	»	1,1	
96,7	8,2	»	32,6	6,9	1,1	
»	+ 60,7	+ 2,6	»	+ 19,2	»	
96,7	68,9	2,6	32,6	26,1	1,1	

V. *Fonte pour*

DÉSIGNATION des matières premières et des produits.	POIDS total.	MATIÈRES TERREUSES ET ÉLÉMENTS DES SILICATES.					
		Silice.	Oxyde ferreux	Alumine	Chaux.	Magnésie.	Oxydes divers.
Matte grillée de III	78,0	0,6	0,3	»	»	»	»
Minerai grillé (2e cl.). . .	20,0	5,4	»	0,2	0,1	»	»
Matériaux terreux : soles.	9,1	8,2	0,1	0,2	0,5	0,1	»
Id. briques.	0,9	0,8	»	0,1	»	»	»
Total des matières. .	108,0	15,0	0,4	0,5	0,6	0,1	»
Matte bleue, pour VII. . .	53,5	»	»	»	»	»	»
Scorie, pour II	47,0	14,4	28,4	0,4	0,6	0,1	0,9
Débris de fours, pour IV.	0,8	0,6	»	0,1	»	»	»
Acide sulfureux.	6,0	»	»	»	»	»	»
Oxygène gazéifié.	0,7	»	»	»	»	»	»
Total des produits. .	108,0	15,0	28,4	0,5	0,6	0,1	0,9
Revirements pr balance. .	0,0	»	—28,0	»	»	»	—0,9
Total égal.	108,0	15,0	0,4	0,5	0,6	0,1	»

VI. *Refonte des*

DÉSIGNATION des matières premières et des produits.	POIDS total.	MATIÈRES TERREUSES ET ÉLÉMENTS DES SILICATES.					
		Silice.	Oxyde ferreux	Alumine	Chaux.	Magnésie.	Oxydes divers.
Scorie riche de IV.	85,0	28,0	46,7	1,4	1,2	0,3	1,7
Id. de VII. . . .	12,0	4,0	6,1	0,1	0,2	0,0	0,4
Scories de VIII	6,7	2,8	3,4	0,1	0,1	»	»
Minerai brut (5e cl.). . . .	10,0	4,3	»	»	0,1	»	»
Balayures de VIII, IX et X.	7,0	3,0	2,3	0,2	0,7	0,1	»
Carbone	0,1	»	»	»	»	»	»
Matériaux terreux : soles	4,6	4,0	0,1	0,1	0,4	0,0	»
Id. briques.	1,2	1,0	»	0,2	»	»	»
Total des matières. .	126,6	46,6	58,6	2,1	2,7	0,4	2,1
Matte blanche, pour VIII.	7,1	»	»	»	»	»	»
Matte rouge, pour VIII. .	1,9	»	»	»	»	»	»
Fonds cuivreux, pour IX.	1,0	»	»	»	»	»	»
Alliage d'étain.	0,6	»	»	»	»	»	»
Scorie à rejeter.	114,4	46,0	60,2	2,0	2,7	0,4	1,8
Débris de fours, pour IV.	0,7	0,6	»	0,1	»	»	»
Acide carbonique.	0,4	»	»	»	»	»	»
Soufre gazéifié.	0,4	»	»	»	»	»	»
Eau du minerai.	0,1	»	»	»	»	»	»
Total des produits. .	126,6	46,6	60,2	2,1	2,7	0,4	1,8
Revirements pr balance.	»	»	— 1,6	»	»	»	+0,3
Total égal	126,6	46,6	58,6	2,1	2,7	0,4	2,1

matte bleue.

SULFURES ET OXYDES MÉTALLIQUES.					EAU et acide carbonique.	OBSERVATIONS.
Cuivre.	Fer.	Métaux divers	Soufre.	Oxygène		
27,0	27,3	1,3	12,8	8,7	»	Toutes les observations et tous les calculs faits à l'occasion de cette fonte s'accordent à indiquer dans les matières employées un excès d'oxygène qui ne peut se dégager qu'à l'état gazeux. On pourrait expliquer ce dégagement par la réaction mutuelle de deux substances, la silice et l'oxyde ferrique, qui dominent dans le lit de fusion : la silice se combinant avec l'oxyde ferreux expulserait directement le tiers de l'oxygène contenu dans l'oxyde ferrique. Il est plus probable cependant que cet excès d'oxygène se dégage surtout à l'état d'acide sulfurique.
4,9	4,7	»	3,2	1,5	»	
»	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	»	»	
31,9	32,0	1,3	16,0	10,2	»	
30,5	10,0	0,5	12,5	»	»	
1,3	0.4	»	0,5	»	»	
0,1	»	»	»	»	»	
»	»	»	3,0	3,0	»	
»	»	»	»	0,7	»	
31,9	10,4	0,5	16,0	3,7	»	
»	+21,6	+0,8	»	+6,5	»	
31,9	32,0	1,3	16,0	10,2	»	

scories riches.

SULFURES ET OXYDES MÉTALLIQUES.					EAU; acide carbonique; carbone.	OBSERVATIONS.
Cuivre.	Fer.	Métaux divers.	Soufre.	Oxygène		
4,5	0,3	»	0,6	0,3	»	Outre les matières mentionnées ci-contre, on charge dans les fours à scories de l'anthracite menu qui se gazéifie presque en totalité en brûlant à la surface des matières élaborées : on a compté seulement sous la désignation de *carbone* la portion de cette charge d'anthracite qui agit réellement comme réductif.
1,0	»	»	0,1	0,1	»	
0,7	»	»	»	0,1	»	
1,2	2,1	»	2,1	0,1	0,1	
0,7	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	»	0,1	
»	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	»	»	
8,1	2,4	»	2,8	0,6	0,2	
5,2	0,4	»	1,5	»	»	
1,2	0,3	»	0,4	»	»	
0,9	»	»	0,1	»	»	
0,4	0,0	0,2	»	»	»	
0,4	0,5	»	0,4	»	»	
0,0	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	0,3	0,1	
»	»	»	0,4	»	»	
»	»	»	»	»	0,1	
8,1	1,2	0,2	2,8	0,3	0,2	
»	+ 1,2	—0,2	»	+ 0,3	»	
8,1	2,4	»	2,8	0,6	0,2	

VII. *Rôtissage de la*

DÉSIGNATION des matières premières et des produits.	POIDS total.	MATIÈRES TERREUSES ET ÉLÉMENTS DES SILICATES.					
		Silice.	Oxyde ferreux.	Alumine	Chaux.	Magnésie.	Oxydes divers.
Matte bleue de V.	53,5	»	»	»	»	»	»
Matériaux terreux : soles.	7,3	6,6	0,1	0,2	0,4	0,0	»
Id. briques et argile.	0,4	0,3	»	0,1	»	»	»
Oxygène atmosphérique.	6,6	»	»	»	»	»	»
Total des matières.	67,8	6,9	0,1	0,3	0,4	0,0	»
Matte blanche, pour VIII.	39,9	»	»	»	»	»	»
Scorie pauvre, pour II . .	7,0	2,6	3,7	0,1	0,2	0,0	0,2
Id. riche, pour VI. . .	12,0	4,0	6,1	0,1	0,2	»	0,4
Débris de fours, pour IV.	0,5	0,3	»	0,1	»	»	»
Acide sulfureux.	8,4	»	»	»	»	»	»
Total des produits. .	67,8	6,9	9,8	0,3	0,4	0,0	0,6
Revirements pr balance.	0,0	»	—9,7	»	»	»	—0,6
Total égal.	67,8	6,9	0,1	0,3	0,4	0,0	»

VIII. *Rôtissage de la*

DÉSIGNATION des matières premières et des produits.	POIDS total.	MATIÈRES TERREUSES ET ÉLÉMENTS DES SILICATES.					
		Silice.	Oxyde ferreux.	Alumine	Chaux.	Magnésie.	Oxydes divers.
Matte blanche de VII. . .	39,9	»	»	»	»	»	»
Id. de VI. . . .	7,1	»	»	»	»		»
Matte rouge de VI.	1,9	»	»	»	»	»	»
Matériaux terreux : soles.	2,3	2,2	»	»	0,1	»	»
Id. briques.	0,4	0,3	»	0,1	»	»	»
Oxygène atmosphérique.	4,5	»	»	»	»	»	»
Total des matières.	56,1	2,5	»	0,1	0,1	»	»
Matte-régule de VII p. IX.	29,6	»	»	»	»	»	»
Id. de VI pour IX. . . .	6,3	»	»	»	»	»	»
Fonds cuivreux de VII pour IX.	4,9	»	»	»	»	»	»
Fonds cuivreux de VI pour IX.	1,1	»	»	»	»	»	»
Scorie, pour VI	6,7	2,3	3,4	0,1	0,1	»	»
Débris de fours, pour IV.	0,2	0,2	»	»	»	»	»
Cuivre de balayures, p. VI.	0,1	»	»	»	»	»	»
Acide sulfureux.	7,2	»	»	»	»	»	»
Total des produits. .	56,1	2,5	3,4	0,1	0,1	»	»
Revirements pr balance.	0,0	»	—3,4	»	»	»	»
Total égal.	56,1	2,5	»	0,1	0,1	»	»

matte bleue.

SULFURES ET OXYDES MÉTALLIQUES; OXYGÈNE ATMOSPHÉRIQUE.					EAU et acide carbonique.	OBSERVATIONS.
Cuivre.	Fer.	Métaux divers.	Soufre.	Oxygène		
30,5	10,0	0,5	12,5	»	»	Les *débris de fours*, mentionnés parmi les produits de cette opération et des opérations II, IV, V, VI, VIII, IX et X, sont fournis par les matériaux qui se trouvaient dans l'intérieur des fours, en contact avec les matières à élaborer. Ces débris cuivreux sont triés avec soin au marteau parmi les matières provenant de la démolition des fours : tous les débris de fours tenant du cuivre sont refondus dans la fonte IV.
»	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	6,6	»	
30,5	10,0	0,5	12,5	6,6	»	
29,2	2,5	»	8,2	»	»	
0,2	»	»	»	»	»	
1,0	»	»	0,1	0,1	»	
0,1	»	»	»	»	»	
»	»	»	4,2	4,2	»	
30,5	2,5	»	12,5	4,3	»	
»	+7,5	+0,5	»	+2,3	»	
30,5	10,0	0,5	12,5	6,6	»	

matte blanche-extra.

SULFURES ET OXYDES MÉTALLIQUES; OXYGÈNE ATMOSPHÉRIQUE.					EAU et acide carbonique.	OBSERVATIONS.
Cuivre.	Fer.	Métaux divers.	Soufre.	Oxygène		
[illegible]	2,4	0,1	8,2	»	»	Sous le nom de *cuivre de balayures*, on compte ici, comme dans les tableaux suivants IX et X, la quantité de métal contenue dans les balayures sableuses et charbonneuses enlevées de ces ateliers. Toutes les balayures cuivreuses sont refondues dans la VI[e] opération.
9,2	0,4	»	1,5	»	»	
1,2	0,3	»	0,4	»	»	
»	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	4,5	»	
35,6	3,1	0,1	10,1	4,5	»	
24,1	0,3	»	5,2	»	»	
5,2	0,1	»	1,0	»	»	
4,5	0,1	0,1	0,2	»	»	
1,0	0,0	»	0,1	»	»	
0,7	»	»	»	0,1	»	
0,0	»	»	»	»	»	
0,1	»	»	»	»	»	
»	»	»	3,6	3,6	»	
35,6	0,5	0,1	10,1	3,7	»	
»	+2,6	»	»	+0,8	»	
35,6	3,1	0,1	10,1	4,5	»	

IX. *Rôtissage pour*

DÉSIGNATION des matières premières et des produits.	POIDS total.	MATIÈRES TERREUSES ET ÉLÉMENTS DES SILICATES.					
		Silice.	Oxyde ferreux.	Alumine	Chaux.	Magnésie.	Oxydes divers.
Matte blanche de IV.	121,7	»	»	»	»	»	»
Mattes-régules de VIII.	35,9	»	»	»	»	»	»
Fonds cuivreux de VI	1,0	»	»	»	»	»	»
Id. de VIII.	6,0	»	»	»	»	»	»
Minerai brut (6e classe).	7,4	1,4	»	»	»	»	»
Matériaux terreux : soles.	3,3	3,0	»	0,1	0,2	»	»
Id. briques.	1,7	1,4	»	0,3	»	»	»
Oxygène atmosphérique.	33,4	»	»	»	»	»	»
Total des matières.	210,4	5,8	»	0,4	0,2	»	»
Cuivre brut de matte blanche.	91,1	»	»	»	»	»	»
Id. de mattes-régules.	30,0	»	»	»	»	»	»
Id. de fonds cuivreux.	6,6	»	»	»	»	»	»
Scorie de rôtissage, pr IV.	18,3	4,8	9,0	0,3	0,2	»	»
Débris de fours, pour IV.	1,4	1,0	»	0,1	»	»	»
Cuivre de balayures, pr VI.	0,3	»	»	»	»	»	»
Acide sulfureux.	62,6	»	»	»	»	»	»
Eau et acide carbonique.	0,1	»	»	»	»	»	»
Total des produits.	210,4	5,8	9,0	0,4	0,2	»	»
Revirements pr balance.	0,0	»	− 9,0	»	»	»	»
Total égal.	210,4	5,8	»	0,4	0,2	»	»

X. *Raffinage du cuivre brut*

DÉSIGNATION des matières premières et des produits.	POIDS total.	MATIÈRES TERREUSES ET ÉLÉMENTS DES SILICATES.					
		Silice.	Oxyde ferreux.	Alumine	Chaux.	Magnésie.	Oxydes divers.
Cuivre brut de matte blanche.	91,1	»	»	»	»	»	»
Id. de mattes-régules.	30,0	»	»	»	»	»	»
Id. de fonds cuivreux.	6,6	»	»	»	»	»	»
Matériaux terreux : soles.	1,8	1,7	»	»	0,1	»	»
Id. briques.	2,8	2,2	»	0,6	»	»	»
Oxygène atmosphérique.	1,6	»	»	»	»	»	»
Total des matières.	133,9	3,9	»	0,6	0,1	»	»
Cuivre marchand de matte bl.	86,2	»	»	»	»	»	»
Id. de mattes-régules.	29,1	»	»	»	»	»	»
Id. de fonds cuivreux.	6,3	»	»	»	»	»	»
Scorie d'affinage, pour IV.	7,3	2,0	1,6	0,2	0,1	»	0,1
Débris de fours, pour IV.	2,9	1,9	»	0,4	»	»	»
Cuivre de balayures, pr VI.	0,3	»	»	»	»	»	»
Acide sulfureux.	1,8	»	»	»	»	»	»
Total des produits.	133,9	3,9	1,6	0,6	0,1	»	0,1
Revirements pr balance.	0,0	»	—1,6	»	»	»	—0,1
Total égal.	133,9	3,9	»	0,6	0,1	»	»

cuivre brut.

SULFURES ET OXYDES MÉTALLIQUES; OXYGÈNE ATMOSPHÉRIQUE.					EAU et acide carbonique.	OBSERVATIONS.
Cuivre.	Fer.	Métaux divers.	Soufre.	Oxygène		
89,1	7,7	»	24,9	»	»	Les rôtissages VII, VIII et IX donnent lieu à une remarque analogue à celle qui a été faite pour les grillages I et III. Une partie du soufre se dégage à l'état d'acide sulfurique; et par conséquent la quantité d'oxygène atmosphérique employée comme réactif est, effectivement, plus grande que ne l'indiquent les tableaux VII, VIII et IX.
29,3	0,4	»	6,2	»	»	
0,9	»	»	0,1	»	»	
5,5	0,1	0,1	0,3	»	»	
4,9	»	»	0,8	0,2	0,1	
»	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	33,4	»	
129,7	8,2	0,1	32,3	33,6	0,1	
89,6	0,9	»	0,6	»	»	
29,5	0,3	»	0,2	»	»	
6,4	0,0	0,1	0,1	»	»	
3,6	»	»	»	0,4	»	
0,3	»	»	»	»	»	
0,3	»	»	»	»	»	
»	»	»	31,4	31,2	»	
»	»	»	»	»	0,1	
129,7	1,2	0,1	32,3	31,6	0,1	
»	+ 7,0	»	»	+ 2,0	»	
129,7	8,2	0,1	32,3	33,6	0,1	

et préparation du cuivre malléable.

SULFURES ET OXYDES MÉTALLIQUES; OXYGÈNE ATMOSPHÉRIQUE.					EAU et acide carbonique.	OBSERVATIONS.
Cuivre.	Fer.	Métaux divers.	Soufre.	Oxygène		
89,6	0,9	»	0,6	»	»	Les matériaux terreux (soles et briques) comptés ici parmi les matières premières, de même que dans toutes les opérations précédentes, ne représentent pas, tant s'en faut, la totalité du sable et des briques employés pour la construction des soles ou des parois du four; mais seulement la portion de ces matières qui entrent en combinaison avec les autres agents chimiques mis en présence. Sous la dénomination de briques on a compté une certaine quantité d'argile réfractaire ajoutée comme enduit à l'intérieur des fours.
29,5	0,3	»	0,2	»	»	
6,4	0,0	0,1	0,1	»	»	
»	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	1,6	»	
125,5	1,2	0,1	0.9	1,6	»	
86,2	»	»	»	»	»	
29,1	»	»	»	»	»	
6,3	»	»	»	»	»	
3,0	»	»	»	0,3	»	
0,6	»	»	»	»	»	
0.3	»	»	»	»	»	
»	»	»	0,9	0.9	»	
125,5	»	»	0,9	1,2	»	
»	+ 1,2	+ 0,1	»	+ 0,4	»	
125,5	1,2	0,1	0,9	1,6	»	

Réactions métallurgiques des 10

RÉSUMÉ

DÉSIGNATION des matières premières et des produits.	POIDS des matières: solides.	gazeuses.	Total.	MATIÈRES TERREUSES ET ÉLÉMENTS DES SILICATES: Silice.	Oxyde ferreux.	Alumine.	Chaux.	Magnésie.	Oxydes divers.
Minerais de 1re classe à griller en I; à fondre en II	720,1	»	720,1	294,4	»	11,7	1,2	3,1	»
Minerais de 2e classe à griller en I; à fondre en V	21,5	»	21,5	5,4	»	0,2	0,1	»	»
Minerais de 3e cl. à fondre bruts en II	77,6	»	77,6	21,8	»	1,0	0,2	0,2	»
Minerais de 4e cl. à fondre bruts en IV	73,5	»	73,5	23,0	»	»	1,1	0,4	»
Minerais de 5e cl. à fondre bruts en VI	10,0	»	10,0	4,3	»	»	0,1	»	»
Minerais de 6e cl. à fondre bruts en IX	7,4	»	7,4	1,4	»	»	»	»	»
Minerais de 7e cl. à fondre bruts en IV	2,0	»	2,0	0,3	»	»	»	»	»
	912,1	»	912,1	350,6	»	12,9	2,7	3,7	»
Réactifs divers pour I	»	139,1	139,1	»	»	»	»	»	»
Réactifs divers pour II	39,5	»	39,5	10,6	»	2,9	0,5	»	»
Réactifs divers pour III	»	61,8	61,8	»	»	»	»	»	»
Réactifs divers pour IV	24,9	»	24,9	21,5	0,2	2,2	0,9	0,1	»
Réactifs divers pour V	9,4	»	9,4	8,5	0,1	0,2	0,5	0,1	»
Réactifs divers pour VI	11,5	»	11,5	7,4	2,4	0,4	1,1	0,1	»
Réactifs divers pour VII	7,3	6,6	13,9	6,6	0,1	0,2	0,4	»	»
Réactifs divers pour VIII	2,5	4,5	7,0	2,3	»	0,1	0,1	»	»
Réactifs divers pour IX	3,9	33,4	37,3	3,4	»	0,3	0,2	»	»
Réactifs divers pour X	2,3	1,6	3,9	2,0	»	0,2	0,1	»	»
Total des matières	1.013,4	247,0	1.260,4	412,9	2,8	19,4	6,5	4,0	»
Produits définitifs de I. Gaz	»	192,3	192,3	»	»	»	»	»	»
Produits définitifs de II. Scorie rejetée	600,1	»	600,1	362,6	171,5	17,4	12,0	3,6	8,4
Produits définitifs de II. Gaz	»	61,2	61,2	»	»	»	»	»	»
Produits définitifs de III. — Gaz	»	68,4	68,4	»	»	»	»	»	»
Produits définitifs de IV. — Gaz	»	14,1	14,1	»	»	»	»	»	»
Produits définitifs de V. — Gaz	»	6,7	6,7	»	»	»	»	»	»
Produits définitifs de VI. Scorie rejetée	114,4	»	114,4	46,0	60,2	2,0	2,7	0,4	1,8
Produits définitifs de VI. Alliage d'étain	0,6	»	0,6	»	»	»	»	»	»
Produits définitifs de VI. Gaz	»	0,9	0,9	»	»	»	»	»	»
Produits définitifs de VII. — Gaz	»	8,4	8,4	»	»	»	»	»	»
Produits définitifs de VIII. — Gaz	»	7,2	7,2	»	»	»	»	»	»
Produits définitifs de IX. — Gaz	»	62,7	62,7	»	»	»	»	»	»
Produits définitifs de X. Cuivre marchd	121,6	»	121,6	»	»	»	»	»	»
Produits définitifs de X. Gaz	»	1,8	1,8	»	»	»	»	»	»
Total des produits	836,7	423,7	1.260,4	408,6	231,7	19,4	14,7	4,0	10,2
Revirements pour balance	+176,7	-176,7	0,0	+ 4,3	-228,9	»	— 8,2	»	-10,2
Total égal	1.013,4	247,0	1.260,4	412,9	2,8	19,4	6,5	4,0	»

opérations de la méthode galloise.

GÉNÉRAL.

SULFURES ET OXYDES MÉTALLIQUES; OXYGÈNE ATMOSPHÉRIQUE.					EAU et acide carbonique.	FLUORURES.			OBSERVATIONS.
Cuivre.	Fer.	Métaux divers.	Soufre.	Oxygène.		Fluor.	Silicium.	Calcium.	
70,5	148,2	7,6	176,4	2,8	4,2	»	»	»	Voir au § 1er la composition chimique et minéralogique des 7 classes de minerais.
4,9	4,7	»	5,9	0,1	0,2	»	»	»	
14,1	17,9	0,7	19,6	1,6	0,5	»	»	»	
28,3	8,8	0,1	4,5	6,2	1,1	»	»	»	
1,2	2,1	»	2,1	0.1	0,1	»	»	»	
4,9	»	»	0,8	0,2	0,1	»	»	»	
1,5	»	»	»	0,2	»	»	»	»	
125,4	181,7	8,4	209,3	11,2	6,2	»	»	»	
»	»	»	»	139,1	»	»	»	»	Voir au § 1er la description et la composition chimique des matières employées comme réactifs, et particulièrement du fondant fluoré, des briques et de l'argile réfractaire, du sable employé pour la confection des soles de fourneaux.
»	0,3	»	»	0,1	1,2	»	»	12,5	
»	»	»	»	61,8	»	11,4	»	»	
»	»	»	»	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	»	»	»	»	»	
»	»	»	»	»	0,1	»	»	»	
»	»	»	»	6,6	»	»	»	»	
»	»	»	»	4,5	»	»	»	»	
»	»	»	»	33,4	»	»	»	»	
»	»	»	»	1,6	»	»	»	»	
125,4	182,0	8,4	209,3	258,3	7,5	11,4	»	12,5	
»	»	»	94,2	93,7	4,4	»	»	»	Voir à la fin des §§ 8 et 12 la désignation et la composition chimique des 4 produits solides du traitement gallois : des scories des fontes II et VI, de l'alliage d'étain et du cuivre marchand.
3,0	5,4	»	3,6	»	»	6,0	»	6,6	
»	»	»	26,8	25,2	1,7	5,4	2,1	»	
»	»	»	34,3	34,1	»	»	»	»	
»	»	»	6,5	6,5	1,1	»	»	»	
»	»	»	3,0	3,7	»	»	»	»	
0,4	0,5	»	0,4	»	»	»	»	»	
0,4	»	0,2	»	»	»	»	»	»	
»	»	»	0,4	0,3	0,2	»	»	»	
»	»	»	4,2	4,2	»	»	»	»	
»	»	»	3,6	3,6	»	»	»	»	
»	»	»	31,4	31,2	0,1	»	»	»	
121,6	»	»	»	»	»	»	»	»	
»	»	»	0,9	0,9	»	»	»	»	
125,4	5,9	0,2	209,3	203,4	7,5	11,4	2,1	6,6	
»	+176,1	+8,2	»	+54,9	»	»	−2,1	+5,9	
125,4	182,0	8,4	209,3	258,3	7,5	11,4	»	12,5	

§ 14. — *Frais du traitement métallurgique des diverses catégories de minerais; conséquences relatives à la valeur marchande de ces minerais; appréciation générale de la méthode galloise au point de vue économique.*

Frais moyens spéciaux pour chaque tonne de minerais passés dans la fonderie.

Les détails donnés dans les §§ 3 à 12 touchant les frais entraînés par chacune des dix opérations de la méthode galloise prouvent que les principales catégories de dépenses spéciales sont : la main-d'œuvre, le combustible, le sable, les briques réfractaires, l'argile réfractaire, le fondant fluoré, enfin divers matériaux ou objets fabriqués, servant à l'entretien des fours, des outils et du mobilier.

J'ai dû indiquer, pour caractériser nettement chaque opération, les frais qu'elle entraîne pour une tonne des matières qui y sont élaborées. Mais en se plaçant à un point de vue d'ensemble, il est clair que le point essentiel est de déterminer les frais entraînés moyennement par le traitement de chaque tonne de minerais passés dans la fonderie.

Pour déduire ce résultat de ceux qui ont été présentés ci-dessus à propos de chaque opération, il faut calculer 1° la répartition de chaque tonne de minerais bruts passés dans la fonderie entre les cinq opérations où ces minerais sont directement élaborés; 2° la proportion de matières premières (mattes, scories, fonds cuivreux, cuivres bruts, balayures, etc.) que cette répartition des minerais bruts détermine pour chacune des dix opérations; 3° enfin les frais spéciaux qu'entraîne dans chaque opération cette quantité de matières premières à élaborer.

Le résultat sommaire de ces calculs est consigné dans le tableau suivant :

Frais spéciaux des 10 opérations pour chaque tonne de minerais bruts passés dans une fonderie galloise.

OPÉRATIONS.	MATIÈRES élaborées. Minerais bruts.	MATIÈRES élaborées. Total des matières cuivreuses élaborées.	MAIN-D'OEUVRE.		COMBUSTIBLE.		SABLE pour les soles et pour les coulées.		BRIQUES réfractaires.		ARGILE réfractaire.		FONDANT fluoré.		AUTRES matériaux pour l'entretien des fours, des outils du mobilier.	TOTAL des dépenses.
			journ.	shil.	tonnes.	shil.	tonnes.	shil.	tonnes.	shil.	tonnes.	shil.	tonnes.	shil.	shil.	shil.
I.	0,813	0,813	0,306	0,652	0,108	0,508	»	»	0,0029	0,064	»	»	»	»	0,038	1,262
II.	0,085	0,818	0,527	1,500	0,636	3,165	0,002	0,004	0,0082	0,213	0,0025	0,020	0,042	0,417	0,122	5,441
III.	»	0,278	0,213	0,547	0,114	0,521	»	»	0,0008	0,018	»	»	»	»	0,028	1,114
IV.	0,083	0,268	0,145	0,505	0,256	1,250	0,017	0,047	0,0032	0,083	0,0005	0,004	»	»	0,034	1,923
V.	»	0,108	0,042	0,147	0,076	0,372	0,005	0,013	0,0010	0,026	0,0002	0,002	»	»	0,009	0,569
VI.	0,011	0,133	0,052	0,182	0,075	0,366	0,005	0,014	0,0012	0,031	0,0009	0,007	»	»	0,013	0,613
VII. . . .	»	0,058	0,047	0,100	0,048	0,233	0,008	0,021	0,0003	0,008	0,0004	0,003	»	»	0,005	0,370
VIII. . . .	»	0,054	0,027	0,063	0,020	0,097	0,003	0,007	0,0001	0,003	0,0003	0,003	»	»	0,009	0,182
IX.	0,008	0,188	0,076	0,154	0,112	0,553	0,002	0,006	0,0009	0,023	0,0015	0,012	»	»	0,016	0,764
X.	»	0,140	0,140	0,349	,060	0,296	0,008	0,022	0,0012	0,032	0,0017	0,013	0,012	0,198	0,025	0,935
Totaux. .	1,000	2,858	1,575	4,199	1,505	7,361	0,050	0,134	0,0198	0,501	0,0080	0,064	0,054	0,615	0,299	13,173

Mais ces frais spéciaux, montant seulement à 13$^{shil.}$,17, ne forment que la moindre partie des dépenses que les fondeurs ont à supporter. Il convient maintenant d'apprécier l'ensemble des charges qui servent de base aux prix moyens offerts par les fondeurs pour les diverses catégories de minerais vendus par *ticketing*, soit à Swansea, soit dans le Cornwall. Je vais présenter un résumé très-sommaire des informations que j'ai prises à ce sujet. Coordonnant d'ailleurs ces résultats avec ceux qui ont été exposés dans les précédents paragraphes, je supposerai qu'il s'agisse d'une fonderie placée dans les conditions techniques déjà définies, élaborant moyennement par semaine 912^{t},1, et par an 47.000 tonnes de minerais; produisant par semaine 121^{t},6, et par an 6.250 tonnes de cuivre marchand.

Autres frais distingués en 7 catégories.

Les frais à considérer peuvent être groupés sous les titres suivants: 1° transport des minerais; 2° travaux relatifs à l'ensemble du traitement; 3° dépenses indivises pour l'entretien du matériel de la fonderie; 4° location du terrain de la fonderie; 5° impôts, secours aux ouvriers, etc.; 6° administration générale ou direction de la fonderie et des opérations commerciales; 7° enfin, intérêt des capitaux engagés dans la fonderie et dans les opérations commerciales.

1° Transport des minerais.

Les fondeurs achètent les minerais livrables, soit à Swansea, dans les divers dépôts établis à proximité du port et de la rivière, soit dans les comtés de Cornwall et de Devon, sur le carreau des mines. Ils ont donc à supporter les frais qu'entraîne le transport à la fonderie de ces deux catégories de minerais. Ainsi qu'on l'a indiqué

(§ 1er, p. 67), ces frais se résument comme suit pour les fonderies placées dans les conditions les plus favorables, sur la rivière de Swansea :

Minerais des comtés de Cornwall et de Devon. .	7sh.,72
Id. de Swansea.	0 ,95

Les frais relatifs à une tonne du mélange des minerais fondus habituellement pendant ces dernières années sont approximativement :

Pour 0t,70 de minerais de Cornwall.	5sh.,40
— 0t,30 de minerais de Swansea.	0 ,29
Total.	5 ,69

2° Travaux et frais relatifs à l'ensemble du traitement.

Les travaux et les frais relatifs à l'ensemble du traitement métallurgique qui ne peuvent être directement attribués à l'un des ateliers spéciaux, sont les suivants :

	shill.
Enlèvement des scories avec le concours d'une machine à vapeur de 6 chevaux ; elles sont élevées parfois à la hauteur de 30 mètres. . .	11.400
Frais divers relatifs aux relations d'affaires avec le Cornwall : ports de lettres, expéditions de matières d'essai ; travaux divers accomplis par des manœuvres employés à l'année pour les divers services.	14.200
Frais d'écurie et de conduite pour 5 chevaux employés aux transports intérieurs, au service des magasins, etc.	13.100
Total.	38.700

3° Entretien du matériel de la fonderie.

L'entretien du matériel de fabrication, c'est-à-dire des bâtiments, des fourneaux et du mobilier, donnent lieu à des dépenses considérables. Outre les fournitures de matériaux (sables, briques, argiles, métaux, outils, etc.) qui peuvent être assez exactement estimés pour chaque atelier, et dont il a été tenu compte dans les frais spéciaux,

ces dépenses comprennent le salaire des ouvriers employés à l'année aux travaux d'entretien, et tous les matériaux dont la consommation ne saurait être aisément rattachée à l'une des subdivisions du travail.

Les travaux d'entretien ayant surtout pour objet des constructions et des appareils de pierre ou de brique, de fer et de bois, exigent l'intervention constante d'un certain nombre de maçons, de forgerons et de charpentiers.

Utiles dispositions concernant les travaux de maçonnerie.

Le travail des maçons est lié plus intimement que celui des autres ouvriers au succès des opérations métallurgiques; c'est celui qui entraîne le plus de dépenses et qui exige la surveillance la plus assidue. Les propriétaires de fonderies se soustraient cependant aux embarras de cette surveillance par un marché à forfait passé avec un maître maçon, familier avec ce genre de travaux, et qui moyennant un prix fait de $0^{sh.},208$ par tonne de minerais fondus dans l'usine, et la fourniture de tous les matériaux nécessaires, s'engage à faire, en temps opportun, toutes les réparations nécessaires aux fourneaux et aux bâtiments. Les transports de matériaux étant faits par des manœuvres attachés aux travaux accessoires de l'usine, ce service, pour une fonderie traitant annuellement 47.000 tonnes, entraîne une dépense de 9.800 shillings répartis à peu près comme suit:

Salaire de 6 maçons travaillant 350 jours à 3^{sh}.	6.300^{sh}.
Bénéfice du maître maçon, entrepreneur. . . .	3.500
	9.800

L'entrepreneur, qui ordinairement travaille de ses mains avec les ouvriers qu'il choisit, s'en-

tend directement avec les fondeurs pour connaître le moment précis où chaque four devra recevoir une réparation. Intéressé à augmenter autant que possible la durée des campagnes, il observe, de concert avec les fondeurs, les circonstances qui tendent à la restreindre ; il s'attache à retarder la détérioration des fourneaux en étudiant les matériaux qui conviennent à la construction de chacune de leurs parties, en donnant les soins les plus attentifs à l'assemblage de ces matériaux, en modifiant progressivement, selon les indications de l'expérience, la forme et les dimensions des chauffes, des rampants, des laboratoires, etc. Le concert ainsi établi entre le maçon et le fondeur a aussi pour résultat d'accroître autant que possible la quantité de travail qui, pour un temps donné et pour une dépense de force déterminée, peut être effectuée dans chaque four. Les améliorations introduites journellement par le concours assidu, persévérant, de ces deux catégories d'opérateurs, est sans aucun doute la principale cause de la perfection acquise sous tant de rapports par les fourneaux gallois. Ce moyen de perfectionnement, moins bruyant, moins remarqué que celui qui procède par brevets d'invention ou par rapports officiels, est cependant plus fécond en résultats utiles. Les méthodes si simples, si efficaces, si originales de la métallurgie britannique se sont formées pour la plupart sous l'influence de combinaisons administratives analogues à celle que je viens d'indiquer. Le succès des fonderies galloises en particulier est dû surtout à ces habiles ouvriers, que l'on associe autant que possible au profit résultant de toute amélioration introduite dans le service, et dont, par ce motif, l'intelli-

gence est incessamment tendue vers le perfectionnement de l'art.

Des combinaisons semblables se retrouvent dans plusieurs autres détails des travaux d'entretien; la dépense annuelle se compose à peu près des éléments ci-après :

	shill.
Travaux de maçonnerie. — (Fourneaux, cheminées, bâtiments, murs, etc.).	9.800
Travaux de forge et de serrurerie. — (Armature des fourneaux, trémies, outils de tout genre, brouettes, bâches à minerai, bâtiments, etc.).	3.800
Travaux de charpente et de menuiserie. — (Voies de roulage, brouettes, bâches à minerai, gabarris pour les voûtes des fours, bâtiments, etc.) .	2.500
Travaux divers. — Aides pour les travaux précédents.	3.400
Total.	19.500

Les matériaux que ces ouvriers mettent en œuvre se composent de ceux qui ont déjà été portés au compte des deux opérations, savoir :

	shill.
Briques réfractaires.	23.550
Argile réfractaire.	3.010
Sable pour la sole et les coulées.	6.300
Matériaux divers : fontes, fers, briques communes, etc.	14.050
Total.	46.910

Les matériaux qui doivent être comptés ici dans les dépenses générales de la fonderie se composent surtout de briques pour l'entretien des bâtiments et des murs, de tuiles et d'ardoises pour les couvertures, de bois, de fers bruts et ouvrés, de fontes moulées, d'aciers, de clous, d'outils, de métaux divers, etc. La valeur totale de ces articles monte environ à 18.500 shil.

Il faut encore compter dans les dépenses géné-

rales de la fonderie une foule de matières fournies ordinairement par un magasin spécial et qui sont consommées en nature plutôt qu'elles ne sont mises en œuvre. Tels sont surtout : les objets de cuir et de chanvre de toute espèce, les gants, les tabliers délivrés en grande quantité aux ouvriers pour les préserver contre l'action de la chaleur et le choc des matières qu'ils ont à remuer, les huiles et les corps gras de toute sorte employés comme enduit ou pour l'éclairage des bâtiments et des ateliers, les objets de peinture et de vitrerie, etc., et cette multitude d'autres objets qui ne peuvent être classés comme matériaux de construction : leur valeur totale monte environ à 30.000 shil.

A ce chapitre de dépenses se rattache encore le combustible employé dans les travaux non spéciaux de la fonderie, pour le chauffage des bâtiments et bureaux ou distribué comme indemnité aux ouvriers et aux employés. Il en résulte une dépense annuelle d'environ 6.200 shil.

En résumé, l'entretien du matériel et du mobilier et la consommation de diverses matières donnent lieu à une dépense annuelle d'environ 74.200 shil., savoir :

Main-d'œuvre.	19.500 shill.
Matériaux de construction. . . .	18.500
Matières et objets de toute sorte.	30.000
Houille.	6.200
Total. . . .	74.200

4° Location du terrain de la fonderie.

L'acquisition de l'emplacement nécessaire à l'établissement d'une fonderie et au dépôt des scories qui doivent être produites durant une longue suite d'années, n'entraîne ordinairement aucune avance de fonds. Les terrains où sont établies les

fonderies appartiennent pour la plupart à des membres de l'aristocratie anglaise qui en accordent la jouissance aux compagnies pour un temps déterminé, à la charge pour ces dernières de payer annuellement une redevance modérée et de rendre en toute propriété, à l'expiration du contrat, le terrain avec les constructions qui y ont été élevées. C'est ainsi que des emplacements très-favorables situés près du port de Swansea, sur le bord de la rivière, dans une région accessible aux navires venant du Cornwall, embrassant tout l'intervalle compris depuis cette rivière qui amène le minerai et les briques, jusqu'au canal qui amène le combustible, ont été concédés pour 60 ans, moyennant une redevance annuelle de 3.000 shillings par acre ou de $0^{sh.},74$ par mètre carré. Une fonderie qui traite annuellement 47.000 tonnes de minerais doit disposer au moins de 10 acres, ce qui entraîne pour elle une dépense annuelle de 30.000 shillings, charge moins lourde que ne le serait pour une compagnie naissante l'obligation de consacrer au moins 1.000.000 shill. à l'acquisition du terrain (1).

Combinaisons avantageuses à l'industrie métallurgique.

(1) J'ai souvent constaté que la constitution de la propriété foncière favorise en Angleterre le développement de l'industrie métallurgique. Au lieu d'exiger le versement d'une somme considérable d'argent pour la cession du terrain, les propriétaires anglais, visant ordinairement à un avenir éloigné, cèdent pour le présent leur propriété à des conditions avantageuses; loin de prélever rien à leur profit sur le capital des entreprises naissantes, ils leur viennent souvent en aide par un prêt de capitaux. Cette influence de la propriété foncière est encore plus bienfaisante dans l'exploitation des mines métalliques. Le propriétaire (*lord of the manor*) de la richesse minérale d'un certain district accueille avec empressement les

Les impôts et les frais divers qui grèvent en Angleterre une industrie de cette importance peuvent être estimés comme suit : 5° Impôts ; secours aux ouvriers.

	shil.
Taxes pour les pauvres et pour l'entretien des routes.	7.000
Income-tax ou impôt sur le bénéfice de l'industrie.	9.000
Secours aux ouvriers, médecins, médicaments. .	4.000
Souscriptions volontaires pour l'amélioration du port de Swansea ; pour les établissements généraux de bienfaisance ; pour l'instruction primaire, pour l'éducation des ouvriers (mechanical institutions) ; frais divers.	11.000
Total.	31.000

L'administration générale des fonderies anglaises est ordinairement moins dispendieuse que celle des fonderies du continent. La direction ef- 6° Administration générale et direction de la fonderie.

offres de toute compagnie qui, présentant les garanties convenables, désire mettre en valeur une mine jusque-là improductive. Il se garde en général de distraire immédiatement à son profit aucune partie du capital qui doit servir à surmonter toutes les chances défavorables d'une exploitation naissante ; il considère qu'il est de son intérêt d'ajouter, autant que possible, aux ressources de l'entreprise, soit par un prêt d'argent, soit par les divers moyens d'action dérivant de la propriété de la surface. Identifiant en un mot son intérêt avec celui des exploitants, tant que la mine n'est pas devenue productive, il se réserve seulement de prélever, lorsque l'époque de la production est arrivée, une certaine part sur les produits de l'exploitation. Il en est tout autrement en France : les concessionnaires de mines métalliques ne visent ordinairement qu'à tirer une somme d'argent des capitalistes qui désirent en entreprendre l'exploitation. Cette imprévoyante avidité est, en dernier résultat, aussi funeste à l'exploitant qu'au propriétaire, et empêche tout essor d'une branche essentielle de la richesse publique. Ce détail est l'un de ceux qui font le mieux apercevoir l'influence

fective des travaux est confiée, en Grande-Bretagne, à des ouvriers ou à des agents d'ordre inférieur qui présentent toutes les garanties désirables d'habileté et d'assiduité. Le salaire de ces derniers est d'ailleurs réglé par des combinaisons fort simples qui identifient, en quelque sorte, leurs intérêts et ceux des propriétaires. Les compagnies qui possèdent et exploitent les usines en confient ordinairement l'administration à l'un des intéressés résidant sur les lieux, rétribué surtout par une part dans les bénéfices et ayant la confiance de tous les associés. Ces compagnies se contentent en général d'une comptabilité très-sommaire, et ne visent nullement à ces appréciations de détail qui, sous prétexte de bon ordre dans l'emploi des hommes et des choses, n'ont souvent d'autre résultat que de compliquer l'administration et d'augmenter les frais généraux de l'industrie. Par tous ces motifs, les frais d'administration et de surveillance se trouvent réduits, dans les fonderies galloises, beaucoup au-dessous de ce qu'exigeraient sur le continent des usines de même importance.

---

qu'exerce l'intelligence des intérêts industriels sur la grandeur de l'Angleterre ; il fait en outre apprécier combien la force des mœurs est supérieure à celle des lois. L'industrie des mines métalliques prospère en Angleterre malgré l'organisation sociale qui inféode à perpétuité, dans un petit nombre de mains, la richesse minérale ; elle languit en France malgré la loi libérale qui accorde gratuitement cette richesse aux plus dignes de la posséder ! Des faits analogues se reproduisent en Angleterre dans toutes les branches de l'activité sociale ; ils expliquent en partie la fermeté d'une constitution qui, considérée seulement dans son principe, semblerait être en opposition complète avec les sentiments qui se développent depuis un siècle dans les sociétés européennes.

On peut les évaluer approximativement ainsi qu'il suit :

1 administrateur gérant rétribué par une participation aux bénéfices, chargé des achats à Swansea.	an. 10.000
6 employés pour le bureau, la fonderie et les opérations du dehors à Swansea.	13.000
5 magasiniers, portiers, garçons de course, etc.	4.000
1 essayeur résidant en Cornwall.	8.000
1 preneur d'essais résidant en Cornwall.	6.000
1 maître affineur résidant à la fonderie.	7.000
Frais de matériel.	3.000
Total.	51.000

7° Intérêt des capitaux engagés.

Les capitaux considérables qu'exigent la construction et l'exploitation d'une fonderie galloise constituent l'une des principales charges qui pèsent sur le traitement des minerais de cuivre. La difficulté que présente la réunion de ces capitaux a beaucoup contribué à concentrer ces établissements dans un petit nombre de mains. Le crédit que ces capitaux assurent aux fondeurs gallois, et, il faut le reconnaître, l'habileté qui a présidé à toutes leurs opérations commerciales, expliquent comment, depuis vingt ans, ils ont pu doubler leurs débouchés et prendre une sorte de monopole sur les grands marchés du monde, sans jamais laisser avilir le prix du métal.

Les minerais, ainsi qu'on l'a indiqué dans le § 1er, s'achètent à peu près au comptant; le cuivre fabriqué se vend au contraire à six mois de terme. Si l'on tient compte, en outre, des délais qu'exigent le transport des mines aux usines, le traitement métallurgique, le transport du métal aux principaux marchés; si l'on considère, enfin, la convenance que trouvent souvent les fon-

deurs à garder le cuivre en magasin pour prévenir la baisse des prix, on s'explique fort bien l'importance des capitaux qu'exige l'exploitation d'une fonderie galloise. J'estime le capital employé par les fondeurs de premier rang à 1.000.000 shill. par 1.000 tonnes de cuivre annuellement fabriqué. Un cinquième environ de ce capital est immobilisé sous forme de constructions; le reste, à l'état de fonds de roulement, est représenté par les minerais achetés, par les produits cuivreux en élaboration dans la fonderie, par les cuivres marchands en magasin, par les créances sur les acheteurs de cuivre, et enfin par des sommes disponibles.

Dans les conditions que je viens d'indiquer, l'intérêt annuel des capitaux engagés peut être évalué approximativement à 264.600 shill., savoir :

	sh.		shill.
Capital des constructions.	1.260.000	à 5 0/0.	63.000
Capital du fonds de roulement.	5.040.000	à 4 0/0.	201.600
		Total.	264.600

Résumé des frais concernant le transport, le traitement métallurgique et l'intérêt du fonds de roulement.

Les dépenses de toute nature dont l'énumération vient d'être faite comprennent en résumé toutes les charges qu'imposent au fondeur l'achat, le transport et le traitement métallurgique des minerais, et la nécessité de garder les cuivres marchands en magasin pendant un délai plus ou moins considérable : ces frais peuvent être groupés sous les trois titres : 1° transport des minerais; 2° traitement métallurgique et 3° intérêt du fonds de roulement; ils sont établis sous cette forme dans le tableau suivant :

Tableau des frais relatifs à 1 tonne de minerais.

DÉSIGNATION des CATÉGORIES DE FRAIS.	FRAIS ANNUELS.		FRAIS PAR TONNE.	
	partiels.	totaux.	partiels.	totaux.
I. TRANSPORT DES MINERAIS.	shil.	shil.	shil.	shil.
0t,70 de minerais achetés en Cornwall.	253.800	»	5,40	»
0t,30 de minerais achetés à Swansea.	13.630	»	0,29	»
Total des frais de transport. . .	267.430	267.430	5,69	5,69
II. TRAITEMENT MÉTALLURGIQUE.				
Frais spéciaux.				
Main-d'œuvre.	197.400	»	4,20	»
Combustible.	345.920	»	7,36	»
Matériaux et réactifs divers. . .	75.670	»	1,61	»
Total des frais spéciaux. . . .	618.990	618.990	13,17	13,17
Frais généraux.				
Travaux et frais relatifs à l'ensemble du traitement.	38.700	»	0,82	»
Entretien du matériel de la fonderie.	74.200	»	1,58	»
Location du terrain.	30.000	»	0,64	»
Impôts; secours aux ouvriers; souscriptions aux établissements d'utilité publique.. . .	31.000	»	0,66	»
Administration générale; direction de la fonderie et des opérations commerciales.	51.000	»	1,09	»
Intérêt des capitaux immobilisés dans la fonderie, sous forme de constructions et de mobilier.	63.000	»	1,34	»
Total des frais généraux.. . . .	287.900	287.900	6,13	6,13
Total des frais de traitement métallurgique.	906.890	906.890	19,30	19,30
III. INTÉRÊT DU FONDS DE ROULEMENT.				
Intérêts du capital de 5.040.000 *sh.*	201.600	201.600	4,29	4,29
TOTAL GÉNÉRAL.	1.375.920	1.375.920	29,28	29,28

Ces résultats ne suffiraient point encore pour établir ce que les fondeurs gallois appellent *returning charges*, c'est-à-dire les frais de toute sorte (désignés par f dans la formule du § 2), et que le fondeur doit défalquer du prix courant des cuivres sur le marché, pour en déduire le *standard*, d'après lequel est fixé le prix d'achat des minerais. Il faut en effet qu'il ajoute à cette somme de dépenses les prélèvements de toute nature correspondant aux frais de vente des cuivres et au bénéfice qu'il doit retirer de son industrie.

Frais de vente de toute nature.

Il s'en faut de beaucoup que le fondeur retire de la vente du métal le prix indiqué par les listes de prix courants. Pour obtenir en échange de son métal de l'argent comptant ou des traites à courte échéance, il doit accorder sur le prix nominal de vente un escompte de 3 pour 100 : la vente se fait ordinairement par l'intermédiaire d'un commissionnaire qui garantit au vendeur la solvabilité de l'acheteur, et qui prélève sur le prix de vente, pour sa commission et sa garantie, une somme de 2 pour 100. Pour trouver un écoulement facile de ses produits, le fondeur est en outre tenu de transporter ceux-ci sur les principaux marchés, à Londres, à Birmingham, à Paris, etc...., et de payer en conséquence des frais de transport, d'assurances, de magasinage, etc. Lorsque le fondeur traite directement avec les grands consommateurs de cuivre établis, soit en Grande-Bretagne, soit dans les pays étrangers, la remise de 2 pour 100 est ordinairement faite à ces derniers.

Pour calculer les frais que ces diverses charges occasionnent par tonne de minerai élaboré, je supposerai que le prix courant des diverses sortes

de cuivre soit établi au taux indiqué dans le § 12.

Je ferai d'abord remarquer que lorsque le prix courant de la qualité ordinaire, désignée précédemment sous le n° 4, et connu dans le commerce sous le nom de *tough copper* ou *tough cake*, est coté à 95[liv. st.],2, le prix moyen de vente réalisé par le fondeur, pour les diverses sortes qu'il produit, est environ de 95[liv. st.],6. C'est ce que prouve le tableau suivant, où se trouvent indiquées les proportions relatives des qualités produites et les prix réalisés pour chacune d'elles.

DÉSIGNATION DES QUALITÉS. NOMS.		N° d'ordre	POIDS produit par semaine.	POIDS relatifs.	PRIX de la tonne.	VALEUR de chaque sorte.
			tonn.		l.st.	l.st.
Best selected.	(1re qual.)	1	5,2	0,043	98,0	4,21
	(2e qual.)	2	23,9	0,196	97,5	19,11
Tough copper.		4	76,2	0,627	95,2	59,69
Tile copper.	(1re qual.)	5	10,0	0,082	94,0	7,71
	(2e qual.)	6	6,3	0,052	93,5	4,86
Totaux et moyennes.			121,6	1,000	95,58	95,58

Chaque tonne de cuivre vendue au prix moyen de 95[l.st.],6 donne lieu aux frais suivants, qui se défalquent immédiatement du prix de vente :

	liv.st.
Escompte : 3 p. 100 sur le prix courant.	2,87
Commission ou ducroire ou remises : 2 p. 100 sur le prix courant.	1,91
Transport au marché, assurances, magasinage, etc.	1,22
Total.	6,00

Ainsi, quand le cuivre de qualité ordinaire est coté 95[l.st.],2, le fondeur ne réalise qu'un prix de

$95^{l.st.},6-6^{l.st.},0$ ou de $89^{l.st.},6$; dans ces conditions, il faut donc que le fondeur supporte, en déduction du prix réel de vente d'une tonne de cuivre, une charge de 6 l.st. ou de 120 shill., correspondant à $15^{sh.},96$ par tonne de minerai élaboré.

Bénéfice annuel de la fonderie. Rien de plus variable, de plus incertain que le bénéfice annuel d'une fonderie galloise. Dans un ordre de choses où les conditions de l'achat des minerais et de la vente des cuivres resteraient constantes, ce bénéfice dépendrait uniquement du degré de perfection avec lequel seraient conduites les opérations métallurgiques. Dans la réalité, il s'en faut de beaucoup qu'il en soit ainsi : la moindre variation qui se manifeste d'une manière inattendue dans le prix courant du cuivre influe plus sur les bénéfices du fondeur que les modifications les plus essentielles qu'il pourrait introduire dans son industrie. Ainsi, un perfectionnement nouveau qui diminuerait de 10 p. 100 les frais spéciaux de production n'accroîtrait son bénéfice que de $1^{shil.},32$ par tonne de minerais; tandis que pour diminuer ce bénéfice de pareille somme, il suffit que les cuivres soient seulement vendus dans le courant d'une année à $9^{shil.},93$ par tonne, environ $\frac{1}{2}$ p. 100, au-dessous du standard d'après lequel ont été réglés les prix d'achat des minerais. Or, si l'on considère que depuis cinq ans seulement le prix courant des cuivres a subi des variations supérieures à 20 livres sterling ou à 400 shillings par tonne, on comprendra aisément que la direction donnée soit aux achats et aux ventes, soit à l'emploi de l'énorme capital tenu sans cesse en roulement, importe plus au succès d'une fonderie galloise que celle des opérations métallurgiques.

Si l'on tient compte enfin de la simplicité remarquable avec laquelle fonctionnent les ateliers gallois et des garanties de bon ordre qu'offrent l'administration technique des ateliers et surtout le caractère des ouvriers et de tous les agents inférieurs, on s'explique très-bien qu'une grande fonderie doive être considérée, moins comme une entreprise métallurgique que, comme une opération de banque et de haut commerce. En faisant toutes réserves pour les chances variées et imprévues que comporte un tel état de choses, je crois pouvoir, dans une évaluation modérée, estimer le bénéfice moyen des fondeurs gallois à 5 pour 100 les capitaux engagés. Dans les conditions précédemment admises, ce bénéfice monterait chaque année à un total de 315.000 shillings, correspondant à 6$^{shil.}$,70 par tonne.

Total des frais et des bénéfices (*returning charges*).

En résumé, les frais et les bénéfices que prélève le fondeur gallois, pour chaque tonne de minerais mélangés achetés en Cornwall et à Swansea, tenant 0,137, et rendant effectivement 0,133, me paraissent devoir être établis comme suit, lorsque le prix courant d'une tonne de cuivre de qualité ordinaire est coté à 95$^{l.\ st.}$,2 :

	shill.
Transport des minerais.	5,69
Traitement métallurgique, administration, intérêt des capitaux immobilisés.	19,30
Intérêt du fonds de roulement.	4,29
Frais de vente du cuivre : transport au marché, commission et ducroire, escomptes.	15,96
Bénéfice du fondeur.	6,70
Total des frais et bénéfices (returning charges).	51,94

Dans ces mêmes conditions, le prix moyen d'a-

chat de la tonne de minerais doit être estimé à 202^shil.,36, ainsi que le prouve le calcul suivant :

	sh.
Valeur de 0^t,133 de cuivre obtenu d'une tonne de minerai : 0^t133 × 95^sh.,6 = 0,133 × 1912^sh. =	254,30
A déduire pour frais et bénéfices.	51,94
Prix d'achat d'une tonne de minerais.	202,36

Valeur moyenne attribuée implicitement, lors de l'achat des minerais, au cuivre qui y est contenu.

Ainsi se trouve mis en lumière le résultat essentiel du commerce des minerais, *la valeur attribuée par le prix d'achat du minerai au cuivre qui y est contenu*; résultat qui, par plusieurs motifs, se trouve complétement masqué par les calculs de standard en usage dans ce genre de commerce (*voir* § 1er, p. 54). On déduit en effet de ces chiffres, que le cuivre contenu dans les minerais est payé aux mineurs à raison des quatre cinquièmes de la valeur qui lui est acquise lorsqu'il est amené à l'état marchand :

	shil.
Prix marchand d'une tonne de cuivre retiré des minerais.	1.912 = 1,000
Prix payé par le fondeur pour chaque tonne de cuivre à extraire des minerais.	1.522 = 0,796

Frais et bénéfices prélevés pour les minerais de chaque classe et de chaque origine.

Les minerais achetés, soit en Cornwall, soit à Swansea, avec les nuances de qualité et les teneurs en métal distinguées précédemment, occasionnent au fondeur des dépenses fort différentes. C'est donc seulement pas abstraction que j'ai pu calculer le prix d'achat d'une sorte de minerai moyen acheté partie en Cornwall, partie à Swansea. Pour se mettre dans la réalité, il faut donc établir, comme le font au reste les fondeurs dans leurs opérations d'achat (§ 1er, p. 52 et 53), le total

des frais applicables aux minerais de chaque teneur et de chaque origine.

Pour parvenir à ce résultat, je ferai d'abord remarquer que plusieurs catégories de dépenses applicables à une tonne de minerai augmentent avec la teneur en cuivre de ce minerai plus régulièrement et plus rapidement que les frais spéciaux du traitement métallurgique. Dans ce cas se trouvent surtout les frais de transport du cuivre fabriqué, et les remises de 5 p. 100 que le fondeur doit faire sur le prix de vente : ces derniers sont en effet exactement proportionnels à la quantité de cuivre extraite de chaque minerai.

L'intérêt du fonds de roulement et le bénéfice du fondeur, qui sont en raison directe de l'importance des capitaux engagés, sont en grande partie proportionnels à la teneur des minerais; car la plus grande partie des capitaux d'une entreprise de fonderie est employée à l'achat des minerais, et il est évident que la part absorbée dans le fonds de roulement par chaque minerai en particulier est à très-peu près proportionnelle à sa teneur en cuivre. Au reste, pour donner une idée de la distribution habituelle du fonds de roulement d'une fonderie, il suffit de rapporter, comme je le fais ci-après, les dépenses et les recettes annuelles d'un établissement fonctionnant dans les conditions admises jusqu'à présent : je suppose toujours que cette fonderie traite annuellement 47.000 tonnes de minerais et en extrait 6.251 tonnes de cuivre marchand.

DÉPENSES.			RECETTES.		
OBJET des dépenses.	par tonne de minerais.	TOTALE.	OBJET des recettes.	par tonne de cuivre.	TOTALE.
tonn.	shil.		tonn.	shil.	shil.
Achat des minerais. . 47.000	202,36	9.510.900	Vente de 6,251		
Transport des minerais. . . .	5,69	267.400	de cuivre à	1.912	11.952.000
Traitement métallurgique, frais spéciaux.	13,17	619.000			
Idem, frais généraux.	6 13	288.100			
Transport et vente du cuivre.	15,96	750.100			
Intérêt du fonds de roulement.	4,29	201.600			
Bénéfice.	6,70	314.900			
Totaux.	254,30	11.952.000	Total égal. .	»	11.952.000

Principes sur la répartition des frais, selon la classe et l'origine des minerais.

La comparaison de ces différents articles de dépenses, et un ensemble de considérations qu'il serait trop long de développer ici, m'ont conduit à adopter les bases suivantes pour le calcul des frais applicables aux minerais de diverses teneurs en cuivre. Les frais de transport sont constants pour chaque tonne de minerai, et absolument indépendants de la proportion de cuivre qui y est contenue. Les frais généraux du traitement métallurgique sont pour la plupart dans le même cas : on peut du moins, sans erreur notable, y faire abstraction des causes de variation qui peuvent dépendre de la richesse des minerais. Les frais spéciaux du traitement métallurgique varient selon la nature et surtout selon la richesse des minerais, ainsi que je l'ai précédemment indiqué dans le plus grand détail; la part à attribuer à chaque tonne de minerai, pour le bénéfice et l'intérêt du fonds de roulement, se décompose en deux parties, l'une qui est à peu près constante pour chaque tonne de minerai, l'autre qui varie à peu près proportionnellement à la teneur en

cuivre ; ces deux éléments se trouvent approximativement dans les rapports indiqués ci-après :

	Intérêts du fonds de roulement.	Bénéfices.
Partie constante pour chaque tonne de minerai.	0,84	0,67
Partie proportionnelle à la teneur du minerai.	0,16	0,33
	1,00	1,00

Les frais d'achat des minerais, proportionnels à peu près à la teneur en cuivre, résultent toujours, dans les recherches qui m'occupent en ce moment, de la différence entre le prix de vente du cuivre et les frais applicables aux minerais de chaque teneur ; enfin les frais de transport et de vente du cuivre marchand, par opposition aux frais de transport des minerais, sont exactement proportionnels au rendement des minerais en cuivre métallique.

Mais la teneur en cuivre métallique n'est pas la seule cause qui fasse varier les frais applicables à une tonne de minerais : l'origine des minerais achetés, soit en Cornwall, soit à Swansea, exerce aussi sur le montant de ces frais, pour plusieurs articles de dépenses, une influence assez considérable. Pour des minerais de même teneur en cuivre, les frais de transport du dépôt des mines à la fonderie sont de 7[shill.],72 par tonne de minerai du Cornwall ou du Devon, et seulement, de 0[shill.],95 par tonne de minerais étrangers ou indigènes achetés aux dépôts de Swansea (§ 1[er], p. 67). La part de frais provenant de l'intérêt du fonds de roulement et du bénéfice applicable à des minerais de même teneur, est encore plus grande pour les minerais du Cornwall que pour

ceux de Swansea, par cette raison qu'il s'écoule un mois environ entre l'achat des minerais dans les comtés de Cornwall et de Devon et leur réception dans une fonderie de Swansea, tandis que les minerais achetés à Swansea peuvent être considérés comme rendus aux fourneaux. Or, du compte de recettes et de dépenses rapporté ci-dessus, il résulte que le fonds de roulement, évalué à 5.040.000 shill., se renouvelle environ tous les cinq mois : l'intervalle qui s'écoule entre l'achat du cuivre sous forme de minerai et la vente du cuivre marchand est donc à peu près de quatre mois et demi pour les cuivres du Cornwall, et de cinq mois et demi pour ceux de Swansea. La portion du fonds de roulement et des bénéfices correspondant au capital absorbé par l'achat des minerais doit donc être répartie entre les minerais des deux origines, proportionnellement à cette durée.

Impossibilité d'établir une répartition rigoureuse.

J'ai dû me borner, dans les évaluations précédentes, à de simples approximations. En approfondissant ce genre de recherches, on reconnaît en effet bientôt, ainsi que je l'ai déjà indiqué (§ 1er, p. 34), que la détermination rigoureuse des frais de traitement occasionnés par des minerais de diverses teneurs et de diverses origines, constitue par son extrême complication un problème insoluble. Une détermination plus exacte serait d'ailleurs ici une recherche de pure curiosité et sans utilité pratique; je crois être fondé à penser, en effet, que l'exactitude de ces approximations est au moins du même ordre que celle des données numériques fournies par la comptabilité des fonderies, et qui servent de point de départ à

ces calculs. Je pense en résumé que les frais de tout genre, applicables aux sept catégories de minerais distinguées dans le cours de cette description, et achetés soit à Swansea, soit dans les comtés de Cornwall et de Devon, peuvent être approximativement estimés comme l'indique le tableau suivant. Ce tableau présente également le prix d'achat d'une tonne de ces divers minerais, et le rapport qui existe pour chaque tonne de cuivre extraite de ces minerais entre le prix d'achat et le prix de vente. On y trouve réunies toutes les données qui seraient nécessaires à la rédaction d'un tarif systématique de l'achat des minerais. Je prouverai plus loin (p. 566) qu'un tel tarif présenterait aux vendeurs de minerais plus de garanties que le système qui a été en vigueur jusqu'à ce jour; les considérations présentées au § 15 prouveront aussi que l'adoption d'un tarif d'achat, en donnant confiance aux mineurs étrangers provoquerait de plus larges importations de minerais et exercerait en définitive une heureuse influence sur le développement des fonderies galloises.

Tableau des frais de traitement et des prix d'achat des sept classes prin-

	Moyenne générale.	1re CLASSE.		2e CLASSE.		3e CLASSE.	
		Cornwall	Swansea.	Cornwall	Swansea.	Cornwall	Swansea.
Teneur en cuivre.							
Teneur réelle des minerais.	0,137	0,098	0,098	0,228	0,228	0,182	0,182
Rendement réel des minerais.	0,133	0,095	0,095	0,221	0,221	0,177	0,177
Prélèvements faits par les fondeurs.							
Transport des minerais .	*5,69	7,72	0,95	7,72	0,95	7,72	0,95
Traitement métallurgique : frais spéciaux. .	13,17	12,87	12,87	13,03	13,03	16,26	16,26
Traitement métallurgique : frais généraux. .	6,13	6,13	6,13	6,13	6,13	6,13	6,13
Fonds de roulement (intérêt du).	4,29	3,39	2,89	7,89	6,73	6,29	5,39
Transport et vente du cuivre.	15,96	11,40	11,40	26,52	26,52	21,24	21,24
Bénéfice.	6,70	5,08	4,44	11,87	10,38	9,51	8,31
Total des prélèvements. .	51,94	46,59	38,68	73,16	63,74	67,15	58,28
Résultats essentiels relatifs au tarif d'achat des minerais.							
Prix marchand moyen d'une tonne de cuivre.	shil. 1.912	shil. 1.912	shil. 1.912	shil. 1.912	shil. 1.912	shil. 1.912	shil. 1.912
Id. du cuivre obtenu de chaque tonne de minerai.	254,30	181,64	181,64	422,55	422,55	338,42	338,42
Prix payé pour chaque tonne de minerai. . . .	202,36	145,05	142,96	349,39	358,81	271,27	280,14
Prix d'achat de chaque tonne de cuivre à extraire du minerai. . .	1.522	1.527	1.504	1.581	1.624	1.533	1.583
Rapport entre le prix d'achat et le prix de vente de chaque tonne de cuivre.	0,796	0,799	0,787	0,803	0,849	0,802	0,828

cipales de minerais de cuivre distinguées dans les fonderies galloises.

4e CLASSE.		5e CLASSE.		6e CLASSE.		7e CLASSE.		MOYENNE.	
Cornwall	Swansea.	Cornwall	Swansea.	Cornwall	Swansea.	Cornwall	Swansea.	Cornwall	Swansea.
0,385	0,385	0,120	0,120	0,662	0,662	0,750	0,750	0,137	0,137
0,373	0,373	0,116	0,116	0,642	0,642	0,728	0,728	0,133	0,133
7,72	0,95	7,72	0,95	7,72	0,95	7,72	0,95	7,72	0,95
14,01	14,01	6,14	6,14	8,39	8,39	20,28	20,28	13,17	13,17
6,13	6,13	6,13	6,13	6,13	6,13	6,13	6,13	6,13	6,13
13,30	11,34	4,13	3,52	22,90	19,52	25,98	22,15	4,75	4,05
44,76	44,76	13,92	13,92	77,04	77,04	87,36	87,36	15,96	15,96
20,02	17,50	6,22	5,44	34,53	30,19	39,11	34,29	7,15	6,25
105,94	94,69	44,26	36,10	156,71	142,22	186,58	171,16	54,88	46,51
shil. 1.912	shil. 1.912	shil. 1.912	shil. 1.912	shil. 1.912	shil. 1.912	shil. 1.912	shil. 1.912	shil. 1.912	shil. 1.912
713,18	713,18	221,79	221,79	1.227,50	1.227,50	1.391,94	1.391,94	254,30	254,30
607,24	618,49	177,53	185,69	1.070,79	1.085,28	1.205,36	1.220,78	199,42	207,79
1.628	1.658	1.530	1.600	1.668	1.690	1.656	1.677	1.499	1.562
0,852	0,867	0,800	0,837	0,873	0,881	0,866	0,877	0,734	0,817

Comparaison du *prix réel* et du *prix moyen calculé* de vente des minerais.

Les prix courants des minerais vendus, soit à Swansea, soit dans le Cornwall, sont publiés à la suite de chaque vente; mais la teneur en cuivre de chaque lot vendu n'est indiquée que pour les minerais mis en vente aux dépôts de Swansea. Ce n'est que pour ces derniers, par conséquent, qu'il est possible de vérifier jusqu'à quel point les prix de vente déduits des recherches précédentes, sont d'accord avec ceux qui sont réellement payés par les fondeurs. Toutefois, avant de faire cette comparaison, il faut avoir égard à plusieurs remarques essentielles.

En premier lieu, le prix payé d'après les listes de prix courants pour chaque tonne de minerai, s'applique non à une tonne, mais à 21 quintaux; le prix réel est donc inférieur de $\frac{1}{21}$ au prix nominal. On peut encore rectifier cette donnée en calculant que le prix payé s'applique non à un minerai de la teneur désignée, mais à un minerai dont la teneur serait augmentée de $\frac{1}{20}$.

En second lieu, les résultats ainsi rectifiés ne seraient pas encore comparables aux prix courants du commerce qui sont en général établis pour des minerais d'une teneur plus élevée que celle qui est indiquée par l'essai. Les minerais rendent toujours en grand par le traitement métallurgique une quantité de cuivre supérieure à celle qui correspond aux essais : le fondeur, en calculant son prix d'achat, ne manque donc pas de tenir compte de cette circonstance et de régler son offre en raison de la quantité de cuivre qu'il doit effectivement extraire de chaque minerai.

Il est extrêmement difficile de déterminer d'une manière précise, dans un traitement où tous les minerais sont mélangés, la quantité de cuivre que chacun d'eux fournit. J'ai fait de nombreuses re-

cherches pour constater ce résultat, soit en partant de données fournies par la comptabilité des usines, soit en recherchant par des méthodes exactes de dosage le cuivre contenu dans des minerais dont la teneur avait été constatée par les essayeurs.

Relations entre le *rendement à l'essai* et le *rendement réel* des minerais.

Il existe dans la méthode galloise deux causes de perte pour le cuivre : 1° le mélange avec les scories rejetées qui entraînent moyennement les 0,028 du cuivre obtenu ; 2° la suspension mécanique dans les gaz sortant des cheminées. Les éléments que j'ai réunis ne suffisent pas pour déterminer exactement l'influence de cette seconde cause; mais ils démontrent qu'elle est très-notable (voir § 16, p. 462). La perte de cuivre faite par les essayeurs l'emporte toujours sur ces deux pertes réunies : j'ai trouvé que pour déterminer la quantité réelle de cuivre fournie par le traitement en grand, il faut multiplier chaque unité de poids de métal constatée par l'essai par les coefficients indiqués ci-après, que j'ai lieu de croire assez approchés de la vérité.

Teneurs d'après l'essai.	Coefficients.	Teneurs d'après l'essai.	Coefficients.
0,082 à 0,110.	1,07	0,251 à 0,350.	1,02
0,111 — 0,130.	1,06	0,351 — 0,450.	1,012
0,131 — 0,150.	1,05	0,451 — 0,550.	1,010
0,151 — 0,190.	1,04	0,551 — 0,650.	1,008
0,191 — 0,250.	1,03	0,651 et au-dessus. .	1,006

En rectifiant et en complétant d'après ces données des résultats pris au hasard parmi ceux qui ont été constatés pendant ces dernières années, j'ai trouvé les identités et les différences calculées dans le tableau suivant, entre les prix réels de vente et ceux que les fondeurs auraient payés, en basant exclusivement leur offre sur les frais de traitement dont le détail a été donné ci-dessus.

***Tableau comparatif du* prix réel *et du* prix moyen calculé *de vente des minerais vendus à Swansea de* 1841 *à* 1848.**

DATE de la vente.	PRIX COURANT de 1 t. (20 qx) de cuivre à Londres. en livres sterl.	en shill.	CUIVRE CONTENU dans le minerai. Teneur en cuivre pour 1.000 de minerai d'après l'essai.	Coefficient conduisant au rendement réel dans la fonderie.	Rendement réel (dans la fonderie) de 1.000 de minerai.	PRIX réel de vente de 1 tonne (20 qx) de minerai.	CALCUL DU PRIX MOYEN de vente de 1 tonne (20 quint.) de minerai. Valeur du cuivre obtenu.	Prélèvement moyen fait par le fondeur sur 1 tonne de minerai.	Prix moyen d'achat correspondant à ce prélèvement.	DIFFÉRENCE entre le *prix réel* et le *prix moyen calculé* au détriment du vendeur.	au profit du vendeur.
1841.							shil.				
6 janvier. . .	100	2.000	0,089	1,070	0,095	161	190	39	151	»	10
Id.	100	2.000	0,209	1,030	0,215	353	430	63	367	14	»
Id.	100	2.000	0,475	1,010	0,480	795	960	112	848	53	»
5 mai.	95	1.900	0,102	1,070	0,109	178	207	41	166	»	12
Id.	95	1.900	0,205	1,030	0,211	324	401	63	338	14	»
Id.	95	1.900	0,490	1,010	0,495	783	941	115	826	43	»
8 septembre.	98	1.960	0,104	1,070	0,111	170	218	41	177	7	»
Id.	98	1.9d0	0,205	1,030	0,211	350	414	63	351	1	»
Id.	98	1.960	0,650	1,008	0,655	1.120	1.284	145	1.139	19	»
1843.											
18 janvier. . .	84	1.680	0,098	1,070	0,105	166	176	40	136	»	30
Id.	84	1.680	0,212	1,030	0,218	363	366	63	303	»	60
Id.	84	1.680	0,657	1,006	0,661	1.122	1.110	146	964	»	158
1er février. . .	85	1.700	0,115	1,060	0,122	188	207	44	163	»	25
Id.	85	1.700	0,205	1,030	0,211	347	359	63	296	»	51
Id.	85	1.700	0,460	1,010	0,465	787	791	110	681	»	106
10 mai.	82	1.640	0,082	1,070	0,088	119	144	38	106	»	13
Id.	82	1.640	0,205	1,030	0,211	314	346	63	283	»	31
Id.	82	1.610	0,417	1,012	0,422	654	692	102	590	»	64
9 août.	78 1/2	1.570	0,098	1,070	0,105	184	165	40	125	»	9
Id.	78 1/2	1.570	0,194	1,030	0,200	270	314	61	253	»	17
Id.	78 1/2	1.570	0,550	1,010	0,556	785	871	127	744	»	41
6 décembre. .	87	1.740	0,090	1,070	0,096	137	167	39	128	»	9
Id.	87	1.740	0,205	1,030	0,211	329	367	63	304	»	25
Id.	87	1.740	0,502	1,010	0,507	811	882	117	765	»	46
1844.											
7 février. .	88	1.760	0,090	1,070	0,091	138	160	38	122	»	16
Id.	88	1.760	0,207	1,030	0,213	335	375	63	312	»	23
Id.	88	1.760	0,512	1,010	0,517	835	910	119	791	»	44
20 novembre. .	84	1.680	0,094	1,070	0,101	129	170	40	130	1	»
Id.	84	1.680	0,205	1,130	0,211	291	354	63	291	»	»
Id.	84	1.680	0,560	1,008	0,564	813	948	128	820	7	»
26 décembre. .	84	1.680	0,097	1,070	0,104	134	175	40	135	1	»
Id.	84	1.680	0,207	1,030	0,213	287	358	63	295	8	»
Id	84	1.680	0,535	1,010	0,540	762	907	124	783	21	»
1845.											
2 juillet. . . .	88 1/2	1.770	0,097	1,070	0,104	153	184	40	144	»	9
Id.	88 1/2	1.770	0,205	1,030	0,211	305	373	63	310	5	»
Id.	88 1/2	1.770	0,282	1,020	0,283	443	510	75	435	»	8

SUITE DU *Tableau comparatif du* prix réel *et du* prix moyen calculé *de vente des minerais vendus à Swansea de* 1841 *à* 1848.

DATE de la vente.	PRIX COURANT de 1 t. (20 qx) de cuivre à Londres		CUIVRE CONTENU dans le minerai.			PRIX réel de vente de 1 tonne (20 qx) de minerai.	CALCUL DU PRIX MOYEN de vente de 1 tonne (20 quint.) de minerai.			DIFFÉRENCE entre le *prix réel* et le *prix moyen calculé*.	
	en livres sterl.	en shill.	Teneur en cuivre pour 1,000 de minerai d'après l'essai.	Coefficient conduisant au rendement reel dans la fonderie.	Rendement reel (dans la fonderie) de 1,000 de minerai.		Valeur du cuivre obtenu.	Prélèvement moyen fait par le fondeur sur 1 tonne de minerai.	PRIX moyen d'achat correspondant à ce prélèvement	au détriment du vendeur.	au profit du vendeur.
							shil.				
31 décembre..	93	1.860	0,095	1,070	0,101	144	188	40	148	4	»
Id.	93	1.860	0,207	1,030	0,213	303	396	63	333	30	»
Id.	93	1 860	0,530	1,010	0,535	762	995	123	872	110	»
1846.											
25 février....	93	1.860	0,085	1,070	0,091	105	169	38	131	26	»
Id.	93	1.860	0,200	1,030	0,206	274	346	62	284	10	»
Id	93	1.860	0,322	1,020	0,328	401	610	83	527	126	»
10 juin.....	93	1.860	0,095	1,070	0,102	133	190	40	150	17	»
Id.	93	1·860	0,200	1,030	0,206	280	383	62	321	41	»
Id.	93	1.860	0,352	1,012	0,356	501	662	89	573	72	»
16 septembre..	88 1/2	1.770	0,094	1,070	0,101	131	179	40	159	8	»
Id.	88 1/2	1.770	0,205	1,030	0,211	288	373	63	310	22	»
Id.	88 1/2	1.770	0,482	1,010	0,487	652	862	113	749	97	»
9 décembre..	88 1/2	1.770	0,100	1,070	0,107	149	189	41	148	»	1
Id.	88 1/2	1.770	0,205	1,030	0,211	314	373	63	310	»	4
Id.	88 1/2	1.770	0,252	1,020	0,257	395	455	68	387	»	8
1847.											
20 janvier. . .	88 1/2	1.770	0,091	1,070	0,097	126	172	39	133	7	»
Id.	88 1/2	1.770	0,210	1,030	0,216	306	382	63	319	13	»
Id.	88 1/2	1.770	0,542	1,010	0,547	815	968	124	844	29	»
25 mars. ...	98	1.960	0,089	1,070	0,095	136	186	39	147	11	»
Id.	98	1.960	0,202	1,030	0,208	326	408	62	346	20	»
Id.	98	1.960	0,480	1,010	0,485	795	951	113	838	43	»
4 novembre..	98	1.960	0,108	1.070	0,115	143	225	43	182	39	»
Id.	98	1.960	0,242	1,030	0,249	321	487	67	420	99	»
Id.	98	1·960	0,412	1,012	0,416	612	815	101	714	102	»
18 novembre..	98	1.960	0,094	1,070	0,101	130	198	40	158	28	»
Id.	98	1.960	0,202	1,030	0,208	283	408	62	346	63	»
Id.	98	1.960	0,515	1,010	0,520	719	1.019	120	899	180	»
23 décembre..	98	1.960	0,082	1,070	0,088	115	172	38	134	19	»
Id.	98	1.960	0,192	1,030	0,198	291	388	61	327	36	»
Id.	98	1.960	0,405	1,012	0,409	615	802	100	702	87	»
1848.											
4 mai.....	88 1/2	1.770	0,092	1,070	0,098	131	173	39	134	3	»
Id.	88 1/2	1.770	0,229	1,030	0,236	322	418	65	353	31	»
Id.	88 1/2	1.770	0,280	1,020	0,286	401	501	74	427	26	»

L'examen des résultats consignés dans ce tableau donne lieu à plusieurs remarques importantes.

Différences considérables entre les prélèvements faits par les fondeurs à diverses époques.

Le fait le plus saillant est la différence considérable qui existe dans les prélèvements faits par les fondeurs à diverses époques. On voit de suite que les prix courants de minerais, dans le cours de l'année 1843, laissaient aux fondeurs des bénéfices beaucoup moindres que ceux qui se trouvaient réalisés par eux à la fin de 1847 et au commencement de 1848. Dans le cours des huit dernières années, les prélèvements des fondeurs se sont écartés à peu près de la même quantité, soit au-dessus, soit au-dessous des résultats que j'ai directement établis (p. 560). Ces derniers se trouvent par cela même vérifiés : ils peuvent donc être adoptés comme des données moyennes dans les calculs relatifs au commerce des minerais de cuivre. J'ajouterai que les chiffres consignés dans ce dernier tableau donnent au sujet de ce commerce des notions plus précises que ne le font les *Standard* publiés dans les listes de prix courants. On trouverait au besoin, dans l'ensemble des résultats que présente ce paragraphe, les données nécessaires pour jeter une clarté complète sur les questions que la publication des standard gallois obscurcit plutôt qu'elle ne les éclaire. On pourrait également rédiger avec ces mêmes données, pour ce qui concerne les ventes de minerais, un tarif méthodique subordonné aux prix courants du cuivre. Un tel tarif, alors même qu'il trancherait au détriment des vendeurs de minerais certaines questions douteuses, offrirait assurément aux mineurs indigènes et étrangers plus de garanties que n'en a donné le mode actuel de vente dans le cours de l'année 1847.

(*La fin au prochain numéro.*)

FRANCE.

MARS — AVRIL 1848.

Observations sur l'application de la mécanique à la boulangerie, nouveau pétrineur mécanique. Falsification des farines par la fécule de pomme de terre. Moyen d'apprécier les qualités panifiables de la farine de froment. Aleuromètre. Par M. *Roland*, ancien boulanger. In-4 de 4 feuilles 1/2, plus 2 pl. Impr. de Mme Bouchard-Huzard, à Paris.

Traité des essais par la voie sèche, ou des propriétés, de la composition et de l'essai des substances métalliques et des combustibles; à l'usage des ingénieurs des mines, des exploitants et des directeurs d'usines; par M. *P. Berthier*. Deux vol. in-8 ensemble de 93 feuilles, plus 13 pl. Impr. de Crapelet, à Paris. — A Paris, chez Durand, rue des Grès; 3; chez Leclerc. Prix. 30 fr.

Exploration scientifique de l'Algérie pendant les années 1840, 1841 et 1842. Publiée par ordre du gouvernement et avec le concours d'une commission académique. *Sciences physiques*. In-4 de 25 feuilles, plus 5 pl. Impr. nationale, à Paris. — A Paris, chez Victor Masson, chez Langlois et Leclercq.

Géologie de l'Algérie, par M. *E. Renou*; accompagnée d'une Notice minéralogique sur le massif d'Alger, par M. *Ravergie*. Premier fascicule.

Notes sur quelques gisements de minerais de fer qui se trouvent aux environs du bassin houiller de Brassac (Puy-de-Dôme et Haute-Loire); par M. *Eugène Jusseraud*. In-8 de 4 feuilles. Impr. de Fain et Thunot, à Paris. — A Paris, chez Carilian-Gœury et Vor Dalmont, quai des Augustins, 39-41.

TRAITÉ pratique du service de l'exploitation des chemins de fer à l'usage des agents et employés, des personnes qui désirent entrer au service des chemins de fer, des commerçants, etc.; par M. *Albert Schillings*, chef de service au chemin de fer d'Orléans à Bordeaux. In-8 de 11 feuilles. Impr. de Fain et Thunot, à Paris. — A Paris, chez Carilian-Gœury et Vve Dalmont, quai des Augustins, 39-41. Prix. . . 3 fr.

ESSAI administratif sur l'exploitation pratique des chemins de fer français; par M. *J. Léry*, stagiaire au chemin de fer du Nord. In-16 de 15 feuilles. Impr. de Chaix, à Paris.—A Paris, chez Chaix, rue Bergère, 1. Prix. 5 fr.

COURS de Chimie générale; par M. *J. Pelouze*, membre de l'Institut, et M. *E. Frémy*. Tome II. In-8 de 52 feuilles, plus un atlas de 15 pl. in-4 (1re livr.). Impr. de Martinet, à Paris. — A Paris, chez Vor Masson.

L'ouvrage comprendra 3 volumes et sera accompagné d'un atlas de 46 pl. Prix. . . . . 30 fr.

SPECIES général et iconographique des coquilles vivantes, publiées par monographies, comprenant la collection du Muséum d'histoire naturelle de Paris, la collection Lamarck, celle de M. le baron Delessert, et les découvertes récentes des voyageurs; par M. *L.-C. Kiener*. Livr. 123 à 125. In-8 de 3 feuilles, plus 19 pl. Impr. de Schneider, à Paris. — A Paris, chez Rousseau, rue Richelieu, 96; chez Baillère.

Prix de la livraison in-8, fig. coloriées. . . . 6 fr.
Id. gr. in-4, fig. coloriées. . . . . 12 fr.

L'ouvrage aura 10 volumes, et chaque volume se composera de 15 livraisons.

FRANCE.

MAI — JUIN 1848.

Description des machines et procédés consignés dans les brevets d'invention, de perfectionnement et d'importation dont la durée est expirée et dans ceux dont la déchéance a été prononcée; publiée par les ordres de M. le ministre du commerce. Tome LXVI. In-4 de 70 feuilles 1/2, plus 45 pl. Impr. de Mme Bouchard-Huzard, à Paris. — A Paris, chez Mme Bouchard-Huzard. Prix. . . . . 15 fr.

Les dossiers de tous les brevets expirés ou déchus sont déposés au Conservatoire des arts et métiers, où ils sont donnés en communication aux personnes qui désirent les consulter.

Du gaz feu, ou des moyens de fournir le calorique à la consommation générale au moyen d'une canalisation, par M. *G. Michiels*. In-4 de 4 feuilles, plus 2 pl. Impr. de Lacrampe, à Paris.

Notice sur les propulseurs naturels, pour la locomotion terrestre, maritime et aérienne, précédée de la description des sondes libres ou géostat, hydrostat et aérostat à échappement; par M. *Friedrich Ferdinand*, capitaine au 2e étranger. In-4 de 2 feuilles, plus 4 pl. Impr. de Wittersheim, à Paris.

Seconde partie, publiée avant la première. — *Propulseurs maritimes.*

Principes de géologie, par M. *Charles Lyell*; traduit de l'anglais sur la 6e édition par Mme *Tullia Meulien*. 4e et dernière partie. In-12 de 21 feuilles 1/3. Impr. de Martinet, à Paris. — A Paris, chez Langlois et Leclercq, rue de la Harpe, 81. Prix. . . . 7 fr. 50 c.

ANGLETERRE.

1er SEMESTRE DE 1848.



BAKER. Railway engineering or field book, etc. (Traité pratique de la construction des chemins de fer.) 64 p. in-8. Prix. . . . . 6 fr. 40 c.

C. DAUBENY. A Description of active and extinct volcany, of earthquakes and of thermal springs. (Description des volcans actifs et éteints, des tremblements de terre et des sources minérales.) 2e édition. 768 p. in-8, avec 4 pl. et 11 cartes. Prix. . . . 26 fr. 30 c.

TUCK. The railway shoreholder's Manual. (Guide pratique de tous les chemins de fer terminés, en cours d'exécution, ou projetés sur la surface du globe.) 492 p. in-12. Prix. . . . . 12 fr. 60 c.

ALLEMAGNE.

1er SEMESTRE DE 1848.

BABO. Uber die Spannkraft des Wasserdampfes in Salzlösungen. (Sur la force élastique de la vapeur d'eau dans les dissolutions salines.) 2 feuilles gr. in-8. Freibourg ; Emmerling. Prix. . . . . 1 fr.

J.-J. BERZÉLIUS. Lehrbuch der Chemie. (Traité de Chimie.) 5e édition. Tome V, 3e livr. 12 feuilles gr. in-8. Dresde et Leipzig, chez Arnold. Prix. . . . . . . 3 fr. 75 c.
— 4e livr. 17 feuilles 1/2. Prix. . . . . . . 6 fr.

— Jahresbericht. (Compte rendu annuel.) 27e année, 1re partie. 16 feuilles 1/2 gr. in-8. Tubingue, chez Laupp. Prix. . . . . 7 fr. 50 c.
2e partie. 18 feuilles 1/2. Prix. . . . . 6 fr.

AGASSIZ, GUYOT et DESOR. Système glaciaire ou recherches sur les glaciers, leur mécanisme, leur ancienne extension et le rôle qu'ils ont joué dans l'histoire de la terre. 1re partie : nouvelles études et expériences sur les glaciers actuels, leur structure, leur progression et leur action physique sur le sol ; par M. *L. Agassiz*. Avec un atlas de 3 cartes et 9 planches. 39 feuilles in-8. Leipzig, chez Von. Prix. . . . . 45 fr.

CHERBLANC. Die anwendung des wasserdampfes bei der grubenwetterhaltung. (Emploi de la vapeur d'eau pour la ventilation des mines. 3 feuilles in-4. Prix. 1 fr. 25 c.

GRANDJEAN. Uber den Bergbau und das Hüttenwesen in Nassau. (Sur les mines et usines du pays de Nassau.)

DESCRIPTION

Des procédés métallurgiques employés dans le pays de Galles pour la fabrication du cuivre, et recherches sur l'état actuel et l'avenir probable de la production et du commerce de ce métal;

(SUITE ET FIN) (1).

Par M. F. LE PLAY, Ingénieur en chef des mines,
Professeur de métallurgie à l'École des mines.

§. 15. *Influence exercée jusqu'à ce jour par les fonderies galloises sur le commerce du cuivre; comparaison de ce centre de production avec ceux qui existent aujourd'hui ou qui peuvent se développer dans les autres parties du monde.*

Supériorité du groupe gallois comme fonderie centrale des minerais des deux océans.

Il résulte des recherches dont il a été rendu compte dans les paragraphes précédents, que les frais du traitement métallurgique proprement dit, montent seulement, dans les fonderies galloises, à 19$^{\text{shil.}}$,30 par tonne anglaise, ou à 23^{f},94 par tonne française de 1.000 kilogr. Plusieurs fonderies du Nord et de l'Est de l'Europe sont les seules qui, à ma connaissance, puissent traiter les minerais à aussi bas prix; mais les établissements de ce genre que j'ai observés en Suède, en Norwège, en Sibérie, dans le pays d'Orembourg, dans la Hongrie, etc., sont en général fort éloignés de la mer, et par conséquent des grands marchés où affluent les métaux : placés dans des conditions peu favorables pour expédier vers ces marchés les cuivres extraits des mines siutées dans leur voisinage, ils ne sauraient, dans aucun cas,

(1) Voir p. 3-220 et 389-556.

devenir des centres de fusion pour les minerais exploités dans les autres régions du globe. La seule comparaison des frais de fusion dans toutes les fonderies de l'Europe occidentale, situées à proximité des grandes voies commerciales expliquerait donc très-bien comment le pays de Galles est devenu en quelque sorte la fonderie centrale de tous les minerais qui ne peuvent être traités sur le lieu d'extraction. L'essor des fonderies galloises est dû à un ensemble de causes que cet ouvrage fait suffisamment connaître et au premier rang desquelles figurent le bas prix du combustible, l'habileté de la population ouvrière, les communications faciles établies avec tous les grands marchés, l'abondance des capitaux, et surtout cette profonde intelligence des intérêts industriels et commerciaux répandue dans toutes les classes de la population. On retrouve ici, en un mot, les mêmes éléments de succès qui ont fixé en Grande-Bretagne les principaux centres d'élaboration de tant de matières brutes produites hors du sol britannique, les cotons, la soie, le lin, la laine, les fers à acier, etc. Il est aisé de prévoir que la plupart de ces causes conserveront dans l'avenir à ce centre d'industrie la suprématie dont il a joui jusqu'à ce jour.

Cette supériorité entraîne-t-elle le monopole exclusif dont les fonderies galloises ont joui jusqu'à ce jour ?

Cependant, après avoir admiré le mouvement industriel entretenu dans le pays de Galles, par l'élaboration des minerais de cuivre indigènes et étrangers, j'ai été conduit à examiner, comme je l'ai fait dans une autre série de recherches (1), à l'occasion des fers à acier, si cette supériorité in-

(1) Mémoire sur la fabrication de l'acier en Yorkshire, Ann. des mines, 4e série, t. III, p. 583. — Mémoire sur la fabrication et le commerce des fers à acier dans le nord de l'Europe, etc., Ann. des mines, 4e série, t. IX, p. 113.

contestable de la Grande-Bretagne impliquait nécessairement la conservation du monopole exclusif dont elle a joui jusqu'à ce jour, j'ai donc cherché à résoudre les questions suivantes :

Existe-t-il sur le continent européen des localités aussi avantageusement situées que le pays de Galles pour élaborer les minerais de cuivre exexploités dans les diverses parties du globe?

Dans le cas où aucune localité ne pourrait lutter avec le pays de Galles pour élaborer les minerais de toute origine et pour fabriquer les cuivres à exporter dans toutes les parties du monde, existe-t-il des contrées où l'on pourrait, avec avantage, élaborer les minerais produits dans le voisinage, et jusqu'à présent expédiés en Grande-Bretagne? Enfin, à défaut de telles contrées, existe-t-il du moins des localités où l'on pourrait produire avec des minerais de certaines origines, des cuivres spécialement destinés à la consommation locale, au lieu de tirer ces derniers du pays de Galles, en lui abandonnant tous les avantages de cette élaboration? Production annuelle du cuivre en Europe et dans les autres parties du monde.

Parmi les conclusions auxquelles m'ont conduit ces recherches, je me bornerai ici à exposer celles qui concernent le territoire français.

Je crois d'abord indispensable de présenter un résumé sommaire des informations que je recueille depuis quinze ans touchant l'état actuel de la production et du commerce du cuivre dans toutes les contrées qui entretiennent avec les peuples européens des relations commerciales.

J'estime que la production moyenne annuelle du cuivre pendant les dix dernières années s'est élevée à 52.400 tonnes de 1.000 kilogrammes, et que les pays producteurs ont pris part à cette production dans les proportions indiquées ci-après :

		tonnes.
Grande-Bretagne (minerais du Cornwall et du Devon)	13.100	28.600
Grande-Bretagne (minerais de diverses parties du royaume)	2.700	
Grande-Bretagne (minerais étrangers)	12.800	
Empire russe (Europe et Sibérie)		3.900
Empire autrichien		4.500
Suède et Norwège		2.100
Association allemande (Prusse, Hanovre, Saxe, Nassau, etc.)		1.500
Turquie (Europe et Asie mineure)		2.000
France : minerais indigènes	30	700
Id. minerais étrangers	670	
Divers États méditerranéens (Espagne, Toscane, etc.)		800
Continent américain (Chili, Pérou, etc)		5.900
Japon		2.400
Continent asiatique (Chine, etc.)		mémoire.
Total		52.400

Faute d'informations suffisantes, je n'ai pu mentionner ici que pour mémoire la production assez notable qui a lieu, soit en Chine, soit dans les autres parties du continent asiatique; au reste, ces métaux y étant entièrement consommés sur place, n'exercent aucune influence sur le commerce des autres marchés.

Répartition du cuivre produit, entre les divers états consommateurs.

J'estime aussi que le cuivre produit a été réparti, comme l'indiquent les chiffres suivants, entre les divers pays consommateurs :

	tonnes.
Grande-Bretagne	10.600
France	9.200
Association allemande	5.400
Empire autrichien	2.600
Empire russe	2.000
Suède et Norwège	400
Autres États d'Europe et de la Méditerranée	6.600
Continent américain, et surtout les Etats-Unis	6.100
Continent asiatique, archipel indien et Océanie	8.300
Japon	1.200
Total	52.400

Répartition du cuivre produit, entre les états producteurs de minerais.

Le sol de la Grande-Bretagne ne produit réellement que 15.800 tonnes de cuivre; le reste, extrait de minerais étrangers, provient à peu près dans les proportions suivantes des pays indiqués ci-après :

			tonnes.
Europe :	Toscane, Norwège, etc.		400
Amérique :	Ile de Cuba	5.100	10.000
	Chili	4.500	
	Pérou, Colombie, etc.	400	
Océanie :	Australie, Nouvelle-Zélande		2.400
	Total		12.800

Les 41.490 tonnes de minerais de cuivre importées en 1847 (voir p. 563) proviennent, dans les proportions indiquées ci-après, des diverses régions du globe :

		tonnes.	tonnes.
Amérique.	Ile de Cuba	23.831	34.462
	Chili	9.223	
	Pérou	611	
	Antilles	595	
	États-Unis	202	
Océanie.	Australie méridionale	5.511	6.503
	Nouvelle-Galles du Sud	570	
	Nouvelle-Zélande	284	
	Terre de Van Diémen	138	
Pays divers.	Italie	207	525
	Autres pays	318	
	Total		41.490

Il résulte des chiffres précédents que l'immense exportation de cuivre faite par la Grande-Bretagne a essentiellement pour base les minerais qu'elle reçoit elle-même des pays étrangers : on retrouve donc dans le commerce des minerais de cuivre la reproduction exacte du phénomène commercial qui, depuis longtemps, s'est manifesté dans le même pays pour les principales matières textiles et pour les fers à acier.

Le minerai importé en France provient en

grande partie de la côte occidentale d'Amérique; depuis 1846 seulement, des quantités notables de minerai ont été importées d'Algérie.

En restituant la production du cuivre métallique aux pays qui extraient les minerais du sein de la terre, on trouve que l'importance de ces derniers se mesure approximativement par les chiffres rapportés ci-après :

	tonnes.
Grande-Bretagne	15.800
Empire russe (Europe et Sibérie)	3.900
Empire autrichien	4.500
Suède et Norwège	2.200
Association allemande	1.500
Turquie (Europe et Asie Mineure)	2.000
Divers États européens et bassin de la Méditerranée	1.100
Continent américain, et surtout le Chili et l'île de Cuba	16.600
Océanie, Australie, Nouvelle-Zélande, etc.	2.400
Japon	2.400
Total	52.400

Pour résoudre en toute connaissance de cause les questions que j'ai posées précédemment, il faut encore avoir égard aux faits suivants.

Origine et progrès de l'importation des minerais de cuivre en Grande-Bretagne.

Le traitement métallurgique de minerais de cuivre importés de pays étrangers n'est point pour la Grande-Bretagne, comme l'élaboration des matières textiles et des fers à acier, une industrie séculaire : elle ne remonte pas au delà de vingt années, et n'a pris une importance réelle qu'à dater de 1835. Le tableau suivant donne toutes les informations désirables touchant le progrès rapide de ce commerce et le mouvement rétrograde qui se manifeste depuis 1844.

Tableau de l'importation des minerais de cuivre en Grande-Bretagne, de 1826 à 1847.

ANNÉES.	POIDS des minerais importés.	POIDS approximatif du cuivre réellement extrait de ces minerais.	OBSERVATIONS.
	tonnes.	tonnes.	
1825. . .	0	0	La teneur en métal des minerais de cuivre est déterminée officiellement par des essais dont le résultat est toujours inférieur au rendement réel de ces mêmes minerais dans les fonderies. On a admis que pour obtenir le rendement réel, il fallait multiplier les résultats officiels par les coefficients ci-après : Minerais dont la teneur n'est pas supérieure à. . . 0,15 1,05 Minerais dont la teneur est comprise entre 0,15 et 0,20 1,04 Minerais dont la teneur est supérieure à. . . . . 0,20 1,01 En partant de ces données et de plusieurs informations concernant la teneur des diverses catégories de minerais importés, on a admis pour le rendement moyen des minerais annuellement importés à diverses époques : De 1826 à 1839. . . 0,220 1840 à 1842. . . 0,225 En 1843. . . . . 0,216 1844. . . . . 0,228 1845. . . . . 0,203 1846. . . . . 0,211 1847. 0,217
1826. . .	65	14	
1827. . .	36	7	
1828. . .	335	74	
1829. . .	1.218	268	
1830. . .	1.437	316	
1831. . .	2.046	450	
1832. . .	3.956	870	
1833. . .	5.937	1.306	
1834. . .	6.987	1.537	
1835. . .	13.945	3.068	
1836. . .	18.419	4.052	
1837. . .	19.996	4.399	
1838. . .	27.067	5.955	
1839. . .	30.196	6.643	
1840. . .	42.249	9.506	
1841. . .	48.685	10.954	
1842. . .	50.080	11.268	
1843. . .	54.371	11.744	
1844. . .	58.591	13.359	
1845. . .	56.679	11.506	
1846. . .	51.624	10.893	
1847. . .	41.490	9.009	

Une faible partie des minerais de cuivre ainsi importés était précédemment fondue sur les lieux d'extraction dans des conditions moins favorables pour le mineur que celles qui lui sont faites par les fondeurs de Swansea ; quelques minerais du Chili étaient particulièrement dans ce cas ; mais les mi-

nerais importés dans les douze dernières années ont été pour la plus grande partie extraits de mines antérieurement inexploitées. Le commerce créé depuis vingt ans par les négociants anglais et par les fondeurs gallois, n'est donc pas un simple déplacement de la voie commerciale anciennement suivie par le cuivre. Il a provoqué la création de richesses jusqu'alors inconnues ou improductives, et augmenté d'environ un quart la production annuelle d'un des métaux les plus indispensables à la civilisation.

Il est digne de remarque qu'une révolution aussi brusque, aussi considérable, et dont l'histoire de la métallurgie du cuivre ne présente aucun autre exemple, n'ait point avili le prix de ce métal, qu'elle n'ait pas même entravé le développement des mines de la Grande-Bretagne dont les produits se trouvaient directement en concurrence sur le marché de Swansea avec les minerais étrangers. Si l'on rapproche cette circonstance du fait inverse concernant les produits manufacturés, et par exemple de l'avilissement de prix que produit toujours dans le commerce des tissus un accroissement rapide de la production, on comprendra combien l'essor de l'industrie minérale importe aujourd'hui au progrès de la civilisation. Ce besoin de métaux imprimera prochainement une activité toute nouvelle à l'exploitation des mines, soit dans les régions métallifères aujourd'hui exploitées, soit surtout dans les contrées jusqu'à ce jour inaccessibles à l'industrie européenne.

Origine et progrès de l'exploitation des mines de cuivre en Grande-Bretagne.

L'exploitation des mines de cuivre du Cornwall a vraisemblablement une origine très-reculée; elle n'a jamais eu cependant, ni dans l'antiquité,

ni dans les dix-sept premiers siècles de l'ère chrétienne, une importance comparable à celle des mines d'étain exploitées dans cette région depuis un temps immémorial. On n'a longtemps fondu pour cuivre que des minerais rencontrés accidentellement dans l'exploitation des filons d'étain; encore négligeait-on certains minerais de cuivre d'une grande richesse, ainsi que le prouvent les découvertes de semblables minerais faites pendant le siècle dernier dans les haldes d'anciennes mines et même dans les clôtures construites avec des matériaux extraits des filons métallifères. Les cuivres du Cornwall restèrent inconnus dans le commerce, du XII[e] au XVII[e] siècle, dans le temps où les cuivres du Hanovre, de la Suède, de la Basse-Saxe, de la Hongrie, etc., affluaient sur les grands marchés de l'Europe et sur ceux même de la Grande-Bretagne. L'attention des mineurs du Cornwall ne se porta décidément sur les mines de cuivre de cette contrée qu'à la fin du XVII[e] siècle. Dès les premières années du XVIII[e] siècle, la production du cuivre commença à faire de rapides progrès. En 1717, on fabriqua pour la première fois la monnaie anglaise avec des cuivres du Cornwall. En 1726, la production de ce métal excédait déjà 1.000 tonnes, et depuis cette époque jusqu'à nos jours elle n'a cessé de s'accroître. De 1770 à 1790 les riches mines de l'île d'Anglesea et du Staffordshire vinrent tout à coup augmenter de 3.000 tonnes environ la production du royaume, et jeter momentanément dans le commerce du cuivre une perturbation qui fut encore plus funeste à ces mines mêmes qu'à celles du Cornwall; mais ces dernières ne tardèrent pas à reprendre le mouvement ascendant qui depuis n'a

été arrêté, ni par la reprise des mines d'Anglesea, ni par le progrès des mines exploitées en Irlande et dans le nord du pays de Galles, ni enfin par l'importation de l'énorme quantité de minerais étrangers dont il est fait mention au tableau précédent.

Dès le XVIe siècle, quelques minerais de cuivre du Cornwall étaient transportés par mer pour être fondus dans des usines établies sur les bassins houillers de la principauté de Galles et du comté de Sommerset. En 1765, année où le métallurgiste G. Jars visita cette partie de la Grande-Bretagne, les principales fonderies étaient situées près de Bristol; d'autres fonderies étaient en activité dans le pays de Galles. Il n'existait dans le Cornwall qu'une seule fonderie; celle-ci, établie à Hayle, sur la côte nord-ouest de la presqu'île, a subsisté jusqu'à ces derniers temps; j'y ai remarqué en 1842 tous les indices d'un travail métallurgique récemment abandonné.

C'est dans l'ouvrage de Jars que se trouvent, à ma connaissance, les indications les plus anciennes touchant la méthode suivie dans le dernier siècle pour la fusion des minerais du Cornwall. Je conclus des détails malheureusement incomplets présentés par cet auteur que les traits caractéristiques de la méthode galloise actuelle, le grillage des minerais, la fonte avec scories porphyroïdes pour matte bronze, le grillage de cette matte et les fontes de la matte bronze grillée, la refonte des scories, le rôtissage des mattes, le raffinage du cuivre, etc., existaient déjà à cette époque; les différences portaient principalement sur les poids de matières élaborées dans chaque opération, poids qui étaient généralement moindres qu'au-

jourd'hui. Or si l'on réfléchit à la longue succession d'essais que suppose la pratique de cette méthode si complexe, si différente de celles qui se pratiquaient dans les contrées classiques de la métallurgie du cuivre, il devient probable que les premiers rudiments de cette méthode se trouvaient déjà dans les fonderies de minerais de cuivre signalées dans le pays de Galles à la fin du XVIe siècle par les anciens auteurs qui ont traité de l'industrie des mines du Cornwall.

Les ventes de minerais de cuivre par *ticketing* remontent au moins à l'année 1726 : les résultats de ces ventes conservés dans divers documents fournissent sur le progrès de l'exploitation des mines de cuivre des renseignements très-précieux. Il est cependant difficile d'en déduire la production exacte du cuivre à diverses époques (1) : cette recherche est plus difficile encore pour le cuivre produit dans les autres parties du Royaume-Uni. J'ai lieu de penser toutefois que le tableau suivant offre des résultats assez approchés de la vérité. J'en ai coordonné les éléments en discutant avec le concours de personnes bien informées, les

---

(1) Le poids total des minerais vendus par *ticketing*, tel qu'il est publié depuis plus d'un siècle par les journaux, est inexact par plusieurs raisons : les relevés des quantités vendues sont souvent faits avec négligence, et ils ne comprennent pas naturellement les minerais vendus de gré à gré par contrat privé. Cette première erreur entraîne une erreur correspondante dans l'évaluation du cuivre contenu dans les minerais ; cette évaluation, basée d'ailleurs sur des essais encore insuffisants aujourd'hui, implique des chances variables d'erreur, selon la méthode adoptée par les essayeurs, selon la nature et la richesse des minerais (*voir* § 14, p. 553).

données les plus authentiques (1) publiées jusqu'à ce jour :

---

(1) Les renseignements historiques présentés dans ce paragraphe touchant l'industrie du cuivre sont le fruit de communications bienveillantes qui m'ont été faites sur les lieux par des personnes engagées dans cette industrie : j'ai trouvé en outre de précieuses indications dans les ouvrages suivants : Survey of Cornwall, by R. Carew ; the Natural history of Cornwall, by the rev. W. Borlase ; Mineralogia Cornubiensis, by W. Price ; Transactions of the Geological society of Cornwall, vol. I à V ; Geological report on Cornwall, Devon and West-Somerset, by Henry T. de la Bèche ; Mining Journal, etc.

Tableau de la production annuelle des mines de cuivre du Royaume-Uni, de 1726 à 1847.

ANNÉES.	MINES DE CORNWALL ET DEVON.		AUTRES MINES.	CUIVRE.
	Minerais.	Cuivre.	— Cuivre.	— TOTAL.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
1726—1735.	7.246	1.032	»	1.032
1736—1745.	8.444	1.342	»	1.342
1746—1755.	10.999	1.756	»	1.756
1756—1765.	18.976	2.805	»	2.805
1766—1770.	29.560	3.626	»	3.626
1771—1780.	31.473	4.019	2.500	6.519
1781—1790.	38.390	4.903	3.200	8.103
1791—1800.	53.711	5.995	2.000	7.995
1801—1805.	70.360	6.891	800	7.691
1806—1810.	81.967	8.252	700	8.952
1811—1815.	90.705	9.050	800	9.850
1816—1820.	95.899	8.701	970	9.671
1821—1825.	110.613	10.647	1.220	11.867
1826.	133.727	11.495	1.450	12.945
1827.	143.512	12.908	1.500	14.408
1828.	145.560	12.388	1.770	14.158
1829.	139.418	12.079	1.910	13.989
1830.	150.876	11.904	1.840	13.744
1831.	162 274	14.781	1.950	16.731
1832.	153.419	13.671	2.120	15.791
1833.	153.077	13.727	1.760	15.487
1834.	159.331	13.787	2.280	16.067
1835.	171.393	15.144	2.350	17.494
1836.	158.403	14.486	2.180	16.666
1837.	158.743	13.548	2.400	15.948
1838.	166.124	14.175	2.610	16.785
1839.	172.190	14.808	3.200	18.008
1840.	160.763	12.539	2.970	15.509
1841.	159.884	12.471	3.860	16.331
1842.	166.746	13.340	3.300	16.640
1843.	166.131	12.963	3.000	15.963
1844.	171.598	13.213	2.800	16.013
1845.	175.837	13.715	2.670	16.385
1846.	162.698	12.484	2.300	14.784
1847.	152.615	11.900	2.000	13.900

Tarif imposé en Grande-Bretagne à l'importation des minerais étrangers. Loi du 5 juillet 1825.

L'état prospère dans lequel se sont maintenues, depuis dix-sept ans, les mines du Cornwall en présence d'une importation considérable de minerais étrangers, s'explique en partie par la protection que le tarif des douanes n'a cessé d'accorder à cette branche d'industrie que défendent des personnes considérables et à laquelle se rattachent de puissants intérêts. Les négociants qui songèrent à importer d'Amérique les premières cargaisons de minerais de cuivre se trouvèrent d'abord arrêtés dans leurs spéculations par le droit de douane imposé depuis le 5 juillet 1825 (1), à l'entrée des minerais étrangers. Cette difficulté fut levée le 2 juillet 1827 par une loi qui permit de fondre, en quelque sorte en entrepôt, les minerais étrangers. Ceux-ci étaient soumis à l'essai par l'administration et livrés en compte à chaque fondeur qui était tenu de réexporter dans un délai donné une quantité de cuivre équivalente à celle que l'essai avait constatée, ou d'acquitter le montant du droit. Des ordres émanant du comité du conseil privé ont en outre permis postérieurement (voir, par exemple, l'ordre du 12 septembre 1834) d'importer aux mêmes conditions les minerais grillés et les mattes. C'est sous l'empire de cette législation exceptionnelle, de 1826 à 1842, que la production annuelle du cuivre extrait de minerais étrangers fut portée à 11 ou 12 mille

(1) Le tarif des droits d'entrée des minerais de cuivre avait subi antérieurement les modifications suivantes :

Droits imposés à l'entrée d'une tonne de minerai de cuivre.

	l.	sh.	d.
Le 10 juin 1809. .	0	13	4
Le 9 juillet 1812. .	20	13	4
Le 2 juillet 1819. .	21	0	0
Le 5 juillet 1825. .	12	0	0

tonnes, c'est-à-dire au même taux que la production obtenue des minerais du Cornwall. Ce rapide essor d'une branche nouvelle d'industrie fit cependant surgir des intérêts rivaux : il mit particulièrement en présence, d'une part, les fondeurs de Swansea intéressés à élaborer les minerais étrangers, et par suite à vendre aux meilleures conditions les cuivres qui en provenaient; de l'autre, les mineurs du Cornwall qui s'inquiétaient vivement des conséquences que devait entraîner l'importation d'une si grande quantité de minerais étrangers. De nombreuses discussions s'engagèrent à cette occasion dans des réunions spéciales, dans la presse et devant le parlement. Les personnes intéressées à modifier la législation en vigueur représentaient que les fondeurs de Swansea, empêchés de placer sur les marchés britanniques les cuivres d'origine étrangère et obligés de les écouler exclusivement sur les marchés étrangers se trouvaient par cela même fort gênés dans leurs opérations commerciales; que ces fondeurs, en l'absence de toute concurrence extérieure, réglant le prix d'achat des minerais étrangers d'après le prix de vente des cuivres qui en provenaient, se trouvaient naturellement conduits à tenir le prix du cuivre plus bas sur les marchés étrangers que sur ceux de la Grande-Bretagne. Ils ajoutaient que les nombreuses industries qui élaborent le cuivre sur le continent, et particulièrement en France, se trouvaient par cela même dans des conditions plus favorables que dans le pays même où cette matière première était fabriquée.

Loi du 9 juillet 1842.

À la suite de cette longue enquête, le gouvernement se décida à modifier l'état de choses jusqu'a-

lors établi. La loi du 9 juillet 1842 décida, d'une part, que les fondeurs pourraient disposer librement des cuivres de toute origine; de l'autre, que les minerais étrangers ne seraient admis dans les fonderies indigènes qu'à la condition d'acquitter les droits indiqués ci-après pour chaque tonne de cuivre métallique indiquée par l'essai:

	Droit par tonne anglaise.	Droit équivalent par 100 kilog.
	l. sh.	fr.
Minerais ne contenant pas plus de 0,15 de cuivre sur 1,00 de minerai.	3, 0	6,25
Minerai ne contenant pas plus de 0,20 de cuivre sur 1,00 de minerai.	4,10	7,38
Minerai contenant plus de 0,20 de cuivre sur 1,00 de minerai.	6, 0	11,67

Par cette même loi, l'importation du cuivre métallique fut soumise au droit de 8 liv. 15 sh. par tonne équivalent à 21 fr. 53 c. par 100 kil.

La teneur moyenne de tous les minerais étrangers est environ de 20 p. 100; le cuivre est donc, pour la plus grande partie, importé au droit maximum de 6 liv. st., qui représente environ 5 p. 100 de la valeur marchande du cuivre, droit énorme pour un métal qui entre pour une part importante dans tous les systèmes monétaires et qui n'est point soumis à ces grandes variations de valeur qui affectent les métaux plus communs! Le nouveau tarif continue donc à donner aux mines du Cornwall une protection efficace; il a ouvert le marché britannique à tous les cuivres produits dans les fonderies galloises, et donné par conséquent aux fondeurs des facilités de vente qui leur avaient été refusées jusque-là; le prix du cuivre sur les marchés étrangers comparé aux prix de la Grande-Bretagne s'est trouvé aussitôt augmenté d'une somme équivalente aux pertes d'inté-

rêts et aux frais de toute nature résultant du transport. Les usines britanniques qui mettent le cuivre en œuvre ont dès lors retrouvé, en ce qui concerne l'achat de la matière première, l'avantage résultant de la proximité du lieu de production; enfin le trésor de l'État a trouvé dans cette combinaison une source nouvelle de revenu qui a produit, en 1845, 75.200 l. st., soit 1.880.000 fr.

Cette modification du tarif anglais complète l'histoire sommaire de la métallurgie du cuivre en Grande-Bretagne, et ramène naturellement la pensée vers les questions posées au commencement de ce paragraphe.

Le tarif actuel a amoindri la supériorité dont jouissaient précédemment les fonderies galloises.

Dans le cours naturel des choses, le pays de Galles, pour ce qui concerne le traitement des minerais de cuivre, a une supériorité décidée sur toutes les autres parties du littoral européen; mais cet avantage a été considérablement amoindri par le tarif de 1842. Ce tarif qui, depuis cinq ans, a permis au gouvernement anglais de percevoir neuf millions d'impôts directs sur les mines américaines qui produisent surtout les minerais de cuivre fondus à Swansea et sur les diverses contrées qui consomment les cuivres extraits de ces minerais, ce tarif, dis-je, constitue en faveur des fonderies qui peuvent s'établir hors du territoire de la Grande-Bretagne, une prime dont l'importance se mesure par ce chiffre même.

Les localités qui conviennent le mieux à l'établissement d'une fonderie de minerais de cuivre sont celles qui, disposant de combustibles à bas prix, sont convenablement placées pour recevoir les minerais et pour expédier le métal au marché. En France, les meilleures localités me paraissent

être : l'embouchure du Rhône à proximité des houillères du Gard; l'embouchure de la Gironde où les houilles de l'Aveyron pourraient être versées par la navigation du Lot; le littoral de la Vendée qui pourrait être réuni par une voie navigable très-courte au bassin houiller de Vouvant, etc.

Localités du littoral français les plus favorables à la création de fonderies.

Pour apprécier les conditions de succès d'une fonderie, située sur le littoral français, il suffit de comparer les conditions économiques dans lesquelles cette usine serait placée avec celles dont j'ai fait l'étude spéciale dans le cours de ce travail. Dans une telle comparaison, il me paraît convenable de faire abstraction des différences notables qui existent, en ce qui concerne le prix de la main-d'œuvre entre la France et la Grande-Bretagne. Pendant un certain temps, en effet, les avantages qu'assureraient à la nouvelle usine des subsistances à plus bas prix pour la population ouvrière, se trouveraient balancés par les difficultés qu'entraîne, pour toute entreprise naissante, l'inexpérience des ouvriers. Il me paraît que l'on peut, sans erreur sensible, regarder comme identiques tous les éléments des frais spéciaux de fabrication, à l'exception du combustible, qui ne peut être obtenu en aucun point du littoral de la France et de l'Europe occidentale à aussi bas prix qu'en Grande-Bretagne. La différence de prix des combustibles consommés est donc la seule chose qu'il convienne d'apprécier dans cette comparaison sommaire.

En l'absence de tout commerce organisé, il est impossible d'évaluer à quelles conditions le minerai de cuivre serait transporté des mines étrangères à la nouvelle fonderie; je ferai donc d'abord abstraction de cet élément de

dépense dans la comparaison que je veux établir.

Si la fonderie nouvelle ne cherche point à lutter avec les fonderies galloises pour l'approvisionnement des marchés neutres, et si elle s'applique d'abord exclusivement à fabriquer les cuivres nécessaires à la consommation locale, il est clair qu'elle aura pour prime d'encouragement les pertes d'intérêts et les frais de toute nature que le fondeur gallois doit supporter pour faire pénétrer ses produits dans la localité dont il s'agit. Sous ce rapport, une fonderie située en France, sur le rivage de la Méditerranée, aura évidemment sur celles qui pourraient être créées à proximité de la Manche ou de l'Océan, un avantage décidé.

De toutes les localités qui pourraient être choisies, le rivage situé à l'est de l'embouchure du Rhône me paraît offrir les conditions les plus favorables pour la création d'un centre important d'industrie métallurgique. Dans les mains d'un peuple mieux préparé aux entreprises industrielles, ce lieu privilégié serait déjà, pour le bassin de la Méditerranée, ce que Swansea est depuis un demi-siècle pour la mer d'Irlande, et depuis vingt ans, en outre, pour les deux Océans.

Avantages particuliers au bassin de Caronte (B.-du-Rhône).

En jetant les yeux sur une carte des côtes de Provence, on remarque près de la principale embouchure du Rhône un golfe parfaitement abrité contre tous les vents, formant une sorte de dock naturel, qui se développe de l'est à l'ouest sur une longueur de 6 kilomètres, avec une largeur moyenne d'un kilom. L'entrée en est aujourd'hui accessible aux navires d'un fort tonnage; des travaux peu dispendieux permettraient à ces mêmes navires d'aborder sur la plus grande partie de ses rivages.

Presque partout on y peut créer à peu de frais de faciles moyens de débarquement. Des usines métallurgiques établies d'abord sur une plage étroite et employant leurs scories comme matériaux de remblai, pourraient conquérir sur la lisière aujourd'hui immergée d'admirables emplacements, suffisant à toutes les éventualités du développement futur : elles augmenteraient ainsi à volonté la profondeur d'eau à proximité des remblais, et, plus favorisées que les usines galloises, verraient aborder à leur quai en tout temps, et sans l'intermittence des marées, les navires venant des régions les plus éloignées. Ce beau golfe, connu dans le pays sous le nom d'étang de Caronte, est ouvert à ses deux extrémités; il se termine à l'ouest, du côté de la Méditerranée par deux promontoires opposés sur lesquels sont bâtis le port et la tour de Bouc; à son extrémité orientale, il communique avec un immense lac intérieur, de 160 kilomètres carrés, nommé étang de Berre, qui paraît aussi appelé à un bel avenir, et dont la présence sera pour la localité que je signale une nouvelle cause de prospérité.

Dans les derniers temps, l'art est venu singulièrement accroître les avantages naturels du bassin de Caronte : une voie navigable à grande section, le canal d'Arles à Bouc, met directement en communication ce bassin avec la partie du Rhône, qui est régulièrement navigable, et soustrait aujourd'hui les transports à tous les inconvénients qui résultent du régime irrégulier de l'embouchure. Les progrès de la navigation à vapeur ont depuis vingt ans diminué le prix et augmenté la vitesse des transports entre Lyon et Arles; enfin, la construction du chemin de fer d'Alais à Beaucaire a

mis en communication le Rhône inférieur avec le plus riche bassin houiller de l'Europe méridionale. Dès aujourd'hui, les houilles marchandes d'Alais peuvent être obtenues dans le bassin de Caronte au prix de 20 fr. la tonne, c'est-à-dire à un taux incomparablement moindre que le prix de vente des houilles de toute origine en un point quelconque du littoral de la Méditerranée ou de la mer Noire. Si le bassin d'Alais était exploité avec l'énergie et les habitudes de l'industrie anglaise, on obtiendrait aisément le combustible à un prix moindre, savoir les bonnes houilles propres à la fabrication du fer, au taux de 18 fr.; les houilles maigres et sèches, menues, de qualité inférieure et suffisante pour la plupart des usines métallurgiques, au taux de 14 fr.

En résumé, la supériorité du bassin de Caronte me paraît fondée sur les motifs suivants : c'est le seul point de la Méditerranée et de la mer Noire, situé à proximité d'un riche bassin houiller; c'est également le seul point où l'on puisse établir un contact direct entre des minerais importés par voie de mer, et des houilles amenées par la navigation intérieure. Il est situé sur la plus grande artère navigable de la Méditerranée, et confine à un territoire qui l'emporte sur toutes les provinces littorales de cette même mer par le développement de son industrie. Au point de vue spécial qui a servi de point de départ à ces recherches, j'ajoute que les départements français traversés par le Rhône, et riverains de la Méditerranée, constituent à proximité de cette mer le seul groupe industriel où la consommation annuelle du cuivre atteigne 3.000 tonnes.

En admettant que dans l'état actuel des exploitations du bassin houiller d'Alais on ne puisse

point obtenir, comme dans le pays de Galles, à un prix réduit, un approvisionnement suffisant de combustibles menus impropres aux autres usages industriels; qu'en conséquence l'usine projetée soit d'abord obligée de consommer des houilles marchandes au prix de 20 fr. la tonne, il me paraît que les frais qu'aurait à supporter l'exploitant d'une telle usine pourraient être établis comme suit, par chaque tonne de minerai de cuivre, ramenée, comme dans le cas des fonderies galloises, au rendement moyen de 0,133. Je mentionnerai en regard les frais supportés par les fondeurs gallois approvisionnant les départements de la France méridionale, afin de mettre en relief les conditions de la concurrence que la fonderie du bassin de Caronte aurait à supporter.

Comparaison des frais supportés par une fonderie galloise et une fonderie établie dans le bassin de Caronte (Bouches-du-Rhône), pour 1 tonne de minerai rendant 0,133 de cuivre.

CATÉGORIES DE DÉPENSES.	PAYS de Galles.	BASSIN de Caronte.
Transport des minerais du lieu de production à la fonderie.	shil. mémoire.	shil. mémoire.
Droit de douane sur le minerai importé. . . (a)	15,00	0,12
Traitement métallurgique : frais spéciaux communs aux deux localités. (b)	13,17	13,17
Traitement métallurgique : frais supplémentaires résultant pour la fonderie de Caronte du plus haut prix du combustible (c)	»	16,72
Traitement métallurgique : frais généraux communs aux deux localités. (d)	6,13	6,13
Intérêt du fonds de roulement. (e)	4,29	5,35
Transport et vente du cuivre : frais communs (f)	7,50	7,50
Id. frais supplémentaires résultant pour la fonderie galloise du plus grand éloignement du marché.	11,52	»
Droit de douane sur le cuivre importé. . . . (g)	2,34	»
Bénéfice du fondeur.	6,13	6,13
Totaux. . . .	66,08	55,12
Différence à l'avantage de la fonderie de Caronte.	»	10,96

(a) Le cuivre étant ordinairement importé en Grande-

Pour une production annuelle de 3.000 tonnes de cuivre, équivalant à 22.600 tonnes de minerai, cette différence constituerait, en faveur de la fonderie de Caronte, une prime annuelle de 248.000 shillings ou de 310.000 fr.

Si, au lieu de prendre pour point de départ de

Bretagne, sous forme de minerai, au droit de 6 liv. par tonne, ce droit, pour un minerai ramené à la teneur de 0,133 (où l'essai de la douane ne constate que 0,125), équivaut à 15 shill. par tonne.

(*b*) Voir § 14, p. 550.

(*c*) En admettant que la tonne de houille coûte 20 fr., soit 16 shillings, dans la fonderie de Caronte, l'excédant de prix sur cet article sera de 11$^{sh.}$,11 au détriment de cette fonderie; cet excédant, pour 1^{t},505 de combustible, nécessaire au traitement d'une tonne de minerai, constitue un surcroît de dépense de 16$^{sh.}$,72.

(*d*) Voir § 14, p. 550.

(*e*) L'intérêt des capitaux doit être estimé en France à 1/5 au-dessus du taux moyen de la Grande-Bretagne; ce qui porte les frais à prélever pour l'intérêt du fonds de roulement de 4$^{sh.}$,29 à 5$^{sh.}$,35. Dans la réalité, la fonderie de Caronte, n'ayant à se préoccuper que d'un placement de 3.000 tonnes opéré en totalité dans le voisinage, renouvellera son capital beaucoup plus vite que la fonderie galloise, qui prétendrait lutter avec elle sur ce marché local, et se trouvera en résumé moins grevée que cette dernière. J'ai cru cependant devoir conserver, dans cette comparaison, la trace de la différence qui existe dans les deux contrées, dans l'intérêt des capitaux, et ajouter plus loin (art. *f*), à la charge de la fonderie galloise, la dépense supplémentaire qu'entraîne un plus long roulement des capitaux.

(*f*) La seule charge, commune aux deux fonderies, est la remise de 3 pour 100 faite à l'acheteur sur le prix nominal de vente : au prix nominal de 95$^{liv.}$,6 par tonne de cuivre, cette remise équivaut, comme on l'a établi précédemment (§ 14, p. 541), à 2$^{liv.}$,87 par tonne de cuivre ou à 7$^{sh.}$,50 par tonne de minerai. Pouvant traiter sans intermédiaire avec les consommateurs locaux, la fon-

ces calculs un minerai ayant la même teneur que l'ensemble des minerais fondus à Swansea, on établit la même comparaison pour un minerai ayant une teneur moyenne de 0,221, égale à peu près au rendement moyen de tous les minerais importés en Grande-Bretagne, on arrivera à des résultats encore plus avantageux pour la fonderie de Caronte. La consommation de combustible qui constitue l'élément désavantageux à la fonderie française, n'augmente pas (1), tant s'en faut, dans le même rapport que le cuivre contenu, tandis que les frais supplémentaires à la charge de la fonderie galloise sont tous proportionnels à cette teneur. Le résultat de cette comparaison est présenté dans le tableau suivant.

---

derie de Caronte n'aura point à supporter les remises que le fondeur gallois devrait faire pour des ventes faites sur un marché éloigné; j'admets d'ailleurs que le transport du cuivre sur le littoral de la Méditerranée entraîne par tonne de cuivre des frais excédant de 25 sh. ceux qu'exigent le transport et la vente sur les marchés de Liverpool, de Londres et du Havre.

Les frais supplémentaires à la charge des fondeurs gallois, exploitant le marché de la Méditerranée, sont donc par tonne de cuivre :

	liv. st.
Commission et ducroire	1,91
Transport au marché (Manche ou mer d'Irlande), assurances, magasinage (voir § 14, page 371)	1,22
Frais supplémentaires à raison du transport dans la Méditerranée	1,20
Total	4,33

Ce qui équivaut par tonne de minerai à 11[sh.],52.

(g) Le cuivre paie à l'entrée, en France, un droit de 22 fr. ou de 17[sh.],50 par tonne, par navires français ou anglais : ce qui équivaut à 2[sh.],34 par tonne de minerai.

(1) Le traitement d'une tonne de minerai pyriteux,

Comparaison des frais supportés par une fonderie galloise et par une fonderie établie dans le bassin de Caronte (Bouches-du-Rhône), pour 1 tonne de minerai rendant 0,221 de cuivre.

CATÉGORIES DE DÉPENSES.	PAYS de Galles.	BASSIN de Caronte.
Transport des minerais du lieu d'extraction à la fonderie.	shil. mémoire.	shil. mémoire.
Droit de douane sur le minerai importé.	26,52	0,12
Traitement métallurgique : frais spéciaux, communs aux deux usines.	13,03	13,03
Traitement métallurgique : frais supplémentaires de combustible à la charge de la fonderie de Caronte.	»	17,12
Traitement métallurgique : frais généraux communs aux deux usines.	6,13	6,13
Intérêt du fonds de roulement.	6,73	8,08
Transport et vente du cuivre, frais communs.	12,69	12,69
Id. frais supplémentaires pour la fonderie galloise.	19,14	»
Droit de douane sur le cuivre importé en France.	3,87	»
Bénéfice du fondeur.	10,38	10,38
Totaux.	98,49	67,55
Différence en faveur de la fonderie de Caronte.	»	30,94

rendant 0,221 de cuivre (3ᵉ classe de minerai), exige, d'après les renseignements produits dans le cours de ce mémoire, les quantités suivantes de combustible :

		Poids.	Valeur. sh.
Opération	I	0ᵗ,133	0,626
—	V	0,657	3,210
—	VI	0,071	0,343
—	VII	0,312	1,515
—	VIII	0,114	0,552
—	IX	0,157	0,779
—	X	0,094	0,463
		1,538	7,488

Cette consommation l'emporte de très-peu sur celle de 1ᵗ,505 que réclame le traitement d'un minerai ayant seulement 0,133 pour teneur moyenne.

Les conditions deviennent donc plus favorables, puisque la différence indiquée par le tableau précédent constitue, pour une production annuelle de 3.000 tonnes (obtenue de 13.600 tonnes de minerais), une prime annuelle de 421.000 shillings ou de 526.000 fr. Il est à remarquer que la prime assurée par l'état actuel des choses à la fonderie de Caronte est plus élevée que le droit de douane imposé aujourd'hui en Grande-Bretagne à l'entrée des minerais étrangers. L'usine projetée pourrait donc soutenir la concurrence des fonderies galloises pour le traitement des minerais, qui sont aujourd'hui importés en Grande-Bretagne, alors même que ce droit de douane serait un jour supprimé.

La comparaison précédente a d'ailleurs été établie dans l'hypothèse la moins favorable à la fonderie française : elle ne tient aucun compte de plusieurs circonstances qui, après un certain temps d'exercice, viendront inévitablement améliorer la situation économique de cette fonderie. Il faut admettre cependant que la population ouvrière bien dirigée acquerra promptement cette discipline et cette habileté pratique qui importent tant au succès des opérations d'une fonderie (*voir* § 3, p. 120, et § 4, p. 193) : dès lors les avantages résultant de l'abondance et du bas prix des moyens de subsistance, de la fertilité du sol et de la douceur du climat, ne tarderont pas à se révéler et à réduire les frais de fabrication. D'un autre côté, le progrès des exploitations du bassin houiller d'Alais, mettra vraisemblablement à la disposition de la fonderie de Caronte des combustibles menus de qualité inférieure, que les exploitants seront heureux de vendre au-dessous du prix des houilles marchandes et qui seront pour le traitement des

minerais d'un usage aussi avantageux (1). L'emploi de houilles menues à 14 fr. la tonne, réduirait d'environ moitié le surcroît de dépenses qu'imposera à la fonderie de Caronte le plus haut prix du combustible.

Dans la réalité, les conditions de succès de la fonderie projetée ne peuvent être posées d'une manière aussi absolue que j'ai dû le faire pour fixer les idées du lecteur. Les personnes initiées à la connaissance de l'industrie savent qu'en pareil cas, le succès est entièrement subordonné à l'habileté de l'administrateur de l'entreprise, c'est-à-dire à un élément omis dans la comparaison que je viens d'établir. Je crois utile de rappeler ici cette

---

(1) Ainsi que je l'ai fait remarquer (§ 1er, p. 78), les usines à cuivre du pays de Galles doivent l'économie de leur fabrication, et par suite leur prospérité à l'emploi des anthracites pulvérulents qui ne pourraient recevoir dans la localité aucune autre destination. Il existe sur tous les grands bassins houillers de la Grande-Bretagne d'immenses industries telles que les verreries, les fabriques de produits chimiques, les fabriques de poterie de toute espèce, dont l'existence repose exclusivement sur l'emploi des houilles menues, maigres ou sèches qui encombraient autrefois les exploitations, et dont on ne pouvait se débarrasser qu'en les brûlant en pure perte à la surface du sol. Il est probable qu'un tel encombrement se manifestera un jour dans le bassin d'Alais, qui contient beaucoup de houilles sèches ou terreuses, produisant une forte proportion de menu par l'abattage, et où la production offre depuis quatorze ans l'accroissement indiqué par les chiffres rapportés ci-après :

	tonnes.		tonnes.
1833.	63.900	1840.	185.600
1834.	73.400	1841.	263.818
1835.	46 300	1842.	292.139
1836.	64.400	1843.	335.620
1837.	102.400	1844.	369.699
1838.	126.806	1845.	415.900
1839.	149.900	1846.	421.377

vérité afin de prévenir l'abus qui pourrait être fait de mes assertions auprès de personnes inexpérimentées et trop confiantes.

Méthode métallurgique nouvelle à créer dans le midi de la France.

Pour simplifier la comparaison à établir entre les deux localités, j'ai supposé que la même méthode métallurgique serait pratiquée dans l'une et dans l'autre ; il n'en sera certainement pas ainsi. Le plus haut prix du combustible, le moindre prix de la main-d'œuvre, la nature moins variée des minerais, etc., conduiront inévitablement à rapprocher la méthode française de l'une de celles qui sont aujourd'hui employées sur le continent européen. La consommation de combustible y sera moindre que dans la méthode galloise, et il en résultera une diminution correspondante dans les frais du traitement métallurgique tels qu'ils ont été calculés ci-dessus. Il y aura lieu de tenter, en outre, de donner plus de développement aux procédés qui ont été employés avec succès dans quelques contrées pour traiter les minerais de cuivre par la voie humide. Je ne connais en Europe aucune localité où il y ait plus de chances de voir prospérer un traitement métallurgique fondé sur ce principe. Placé à proximité de la Sicile, source à peu près unique de la production du soufre, le bassin de Caronte peut recevoir, à plus bas prix que les principales régions industrielles, cette matière première de la production de tous les acides. L'étang salé de Berre, contigu au bassin de Caronte, pourrait livrer à aussi bas prix que les plus riches régions salifères, le sel marin qui est aujourd'hui la base de la fabrication de l'alcali. Depuis longtemps d'ailleurs, la côte des Bouches-du-Rhône possède d'impor-

tantes fabriques de soude, d'acides et de savons; et l'on sait que celles-ci rejettent en pure perte d'immenses quantités de matières acides, alcalines et sulfurées qui pourraient être employées pour l'extraction de divers métaux. Aucune autre contrée ne peut donc plus justement prétendre à substituer pour le traitement des minerais métallifères, l'action des réactifs chimiques proprement dits à celle des combustibles. La solution de ce problème, qui détruirait au profit du bassin de la Méditerranée, la suprématie que prennent chaque jour dans les arts métallurgiques les régions riches en combustibles, est digne de fixer l'attention des chimistes français. Sans doute les tentatives faites jusqu'à ce jour ne donnent guère lieu d'espérer que, pour la fabrication des métaux bruts, les procédés chimiques puissent se substituer avec quelque généralité aux procédés fondamentaux de la métallurgie. Mais lors même que les recherches dont il s'agit n'auraient d'autres résultats que de créer dans les conditions spéciales au bassin de Caronte, un procédé plus économique que tous ceux qui ont été employés jusqu'à ce jour, elles auraient encore d'heureuses conséquences pour la prospérité de la France méridionale.

Encouragements qu'assurent les débouchés actuels aux fonderies à créer en France.

Les fonderies de minerais de cuivre établies à l'embouchure du Rhône ou en d'autres points du littoral français, auront toujours sur celles qui pourraient être créées en d'autres parties de l'Europe continentale, un avantage décidé, celui d'un immense débouché local. La France, ainsi qu'on peut le voir par les chiffres rapportés précédemment, se place, à peu près au même rang que la Grande-Bretagne, à la tête de tous les pays con-

sommateurs de cuivre : et cette suprématie, par des causes sur lesquelles il est inutile d'insister ici, se retrouve dans le commerce de tous les autres métaux, le fer et l'or exceptés. Il est digne de remarque que ce soit surtout en France que viennent se placer les métaux livrés tout à coup en grandes masses par une source nouvelle de production. C'est notamment ce qui est arrivé depuis vingt ans pour l'argent du nouveau monde, pour les plombs d'Espagne, pour les zincs de Silésie et de Belgique; tel aussi a été le cas pour les cuivres du pays de Galles. Le rôle remarquable que joue la France sous ce rapport, dans le commerce, est parfaitement mis en évidence, en ce qui concerne le cuivre, par les chiffres suivants extraits des relevés annuels de l'administration des douanes.

Importation des cuivres en France, de 1831 à 1847.

ANNÉES.	Grande-Bretagne. 1.	Russie. 2.	Suède, Norwége, États allemands, Pays-Bas, etc. 3.	Turquie. 4.	États méditerranéens, Suisse, Autriche, etc. 5.	Amérique. 6.	Pays divers. 7.	TOTAL. 8.
1831. . .	980	1.400	340	130	240	170	150	3.080
. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
1836. . .	1.980	2.310	590	450	230	470	10	5.720
1837. . .	2.300	1.340	290	540	30	660	»	5.000
1838. . .	[illegible]160	1.090	200	370	70	820	20	7.030
1839. . .	3.980	670	220	500	180	870	10	6.430
1840. . .	5.330	1.500	410	430	150	830	20	8.670
1841. . .	6.830	320	480	650	130	750	»	9.410
1842. . .	8.810	400	540	170	70	350	»	10.340
1843. . .	5.570	210	320	250	30	1.490	20	7.890
1844. . .	4.760	170	700	20	40	950	»	6.640
1845. . .	7.100	480	1.460	10	70	470	10	9.580
1846. . .	4.550	480	1.100	40	100	1.270	»	7.550
1847. . .	3.838	559	1.543	114	195	1.529	2	7.780

A dater de 1831, époque des premiers développements des exploitations américaines, la France seule a donc reçu environ le tiers du cuivre que celles-ci ont livré au commerce, soit directement, soit par l'intermédiaire des fonderies galloises. En rapprochant ces indications de celles qui sont données ci-dessus (p. 560), on trouve même qu'en 1842, la France a reçu environ les trois quarts du cuivre fabriqué dans les pays de Galles avec les minerais étrangers. On comprend aisément à la vue de ces chiffres combien cette sorte d'élasticité du marché français serait favorable au placement du métal produit par les fonderies que je propose de créer.

Influence exercée sur la consommation des cuivres anglais en France, par le tarif de 1842.

Le rapprochement de ces deux tableaux met en évidence un fait économique qu'il importe de signaler, c'est la fâcheuse influence exercée sur les fonderies galloises, et sur le commerce maritime de la Grande-Bretagne par le tarif du 9 juillet 1842. Sous l'influence de l'ancienne législation, le traitement des minerais étrangers prenait chaque année, dans le pays de Galles, un nouveau développement. La Grande-Bretagne devenait de plus en plus l'intermédiaire obligé entre les producteurs de minerai et les consommateurs de cuivre, en s'attribuant tous les avantages des transports et du traitement métallurgique. Le progrès qui a continué à se manifester en 1843, avant que le contre-coup du nouveau tarif se fît sentir aux mines les plus éloignées, démontre assez quel eût été dans le cours naturel des choses, l'essor de ce commerce. La décadence qui se manifeste depuis 1843 est encore plus prononcée que ne l'indique le tableau inséré à la page 563; car, depuis cette

époque, la Grande-Bretagne a trouvé dans ses colonies de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande un nouvel approvisionnement de minerais, équivalent à 2.400 tonnes de cuivre métallique, et dont l'importation masque en partie la diminution des importations américaines. Cette fâcheuse influence du tarif de 1842 est encore visiblement inscrite dans les relevés de la douane française (p. 586). Depuis 1842 les importations faites par la Grande-Bretagne ont diminué de moitié environ, tandis que celles de tous les autres pays producteurs de cuivre ont considérablement augmenté. La France s'applique en ce moment à reprendre avec la Russie, la Suède, etc., les anciennes habitudes commerciales qui, de 1831 à 1842, avaient été partiellement interrompues. Ce sont surtout les importations directes faites par le Chili et les divers États américains producteurs de cuivre, qui tendent à s'accroître, ce qui démontre que les exploitants de ces contrées, découragés par le tarif anglais, s'appliquent maintenant à fondre leurs minerais sur place et à expédier directement les cuivres aux consommateurs. Enfin l'importation, encore peu considérable, mais rapidement croissante des minerais américains en France est un autre symptôme du tort qui est résulté pour le commerce anglais du tarif de 1842, et de la situation avantageuse qu'il a faite aux fonderies du continent. Il y a lieu de penser que ces faits seront appréciés en Grande-Bretagne, et conduiront à la réforme du tarif (1). Mais dans

(1) Le gouvernement anglais a présenté, le 22 avril dernier, un bill qui sera certainement adopté par le parlement; ce bill réduit à un simple droit de balance les

cette hypothèse même, il y aurait encore convenance à établir une fonderie dans la France méridionale, soit pour tirer parti des conditions favorables que le bassin de la Méditerranée présente, en tout état de choses, à ce genre d'industrie, soit au besoin pour soustraire le commerce français à de nouvelles exigences de la douane anglaise.

Circonstances qui favorisent l'importation en France des minerais étrangers.

Des opérations commerciales entreprises avec habileté, poursuivies avec persévérance et ayant pour but de ramener des minerais en retour de produits français peuvent seules décider jusqu'à quel point le littoral de la Méditerranée peut prétendre à recevoir du grand Océan des minerais de cuivre pour le même fret que paient les ports de Swansea, de Liverpool et de Londres. Le taux le plus ordinaire est de 105 shillings par tonne pour les minerais transportés du Chili, et de 45 shillings pour les minerais de Cuba; et il est évident que la fonderie de Caronte prendrait un grand essor si nos négociants parvenaient à ramener à peu près aux mêmes conditions les minerais de ces deux grandes sources de la production du cuivre. Dès à présent toutefois cette fonderie pourrait recevoir, sans concurrence possible de la part des fonderies galloises, les minerais qui s'extraient sur le littoral de la Méditerranée, en Toscane, en Algérie, etc. Les seules mines de Toscane, dont l'exploitation ne date que de quelques années, ont parfois envoyé à Swansea des quantités de minerais tenant 200 à 300 tonnes de

droits élevés qui sont imposés aujourd'hui à l'importation des minerais de cuivre et du cuivre métallique. Ainsi se trouve confirmée cette prévision écrite en 1847.

(Mai 1848.)

cuivre. Les mines de Mouzaïa, en Algérie, produisent et exportent depuis deux ans des quantités assez considérables de minerais : la production s'est élevée en 1847 à 2.000 tonnes tenant 500 tonnes de cuivre et paraît devoir s'accroître encore. Il ne semble pas d'ailleurs que les conditions de l'importation des minerais de l'Océan soient complétement désavantageuses, puisqu'en l'absence de toute industrie organisée, la France reçoit chaque année plusieurs centaines de tonnes qui s'élaborent accidentellement dans les grands ateliers spécialement consacrés au laminage et à la mise en œuvre du cuivre métallique : les quantités de minerais importées pendant ces dernières années et le poids approximatif du cuivre contenu, sont indiqués ci-après :

ANNÉES.	MINERAIS DE CUIVRE IMPORTÉS			CUIVRE contenu.
	d'Algérie.	d'Amérique, de Toscane, etc.	Total.	
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
1842.	»	414	414	257
1843.	»	585	585	363
1844.	7	523	530	326
1845.	62	810	872	520
1846.	185	1.007	1.192	670
1847.	479	783	1.262	605

Les minerais qui, pour la plupart proviennent du Chili et du Pérou, sont principalement importés à Bordeaux, qui dès à présent offrirait des conditions favorables à l'établissement d'un second centre d'industrie métallurgique, si la na-

vigation du Lot convenablement améliorée, et l'extension des exploitations houillères de l'Aveyron permettaient au bassin de la Gironde de s'approvisionner à plus bas prix de combustible minéral.

Pour apprécier les facilités qu'une fonderie française trouverait à s'approvisionner de minerais américains, il convient de tenir compte des encouragements que les exploitants du Chili, du Pérou, de Cuba, sont disposés à donner à toute entreprise qui aurait pour but de les soustraire au monopole des fondeurs de Swansea, et aux exigences de la douane britannique. A défaut de tout autre marché, les exploitants américains doivent nécessairement expédier leurs minerais en Grande-Bretagne, et se contenter du prix offert par les fondeurs de ce pays. Or il faut reconnaître que depuis vingt ans ceux-ci ont souvent abusé de la dépendance où se trouvent les vendeurs. Depuis deux ans, par exemple, et jusqu'au commencement de cette année, les fondeurs ont prélevé sur les minerais étrangers achetés à Swansea des bénéfices hors de proportion avec les charges qu'entraîne l'élaboration de ces minerais. Ainsi les minerais d'une teneur de 0,221 que j'ai pris ci-dessus pour terme de comparaison, et qui n'entraînent, y compris le bénéfice normal de 10^fr,38, qu'une dépense totale de 63^fr,74 par tonne, se sont vendus pendant les derniers mois de 1847, 70 shillings (1) au-dessous de leur va-

(1) En tenant compte de ce fait dans la comparaison établie précédemment (p. 581), on trouve que la fonderie de Garonte, au prix actuel des minerais sur le marché de Swansea, réaliserait aujourd'hui, par cette seule cause, un bénéfice de 1.190.000 fr. en sus du bénéfice normal de 526.000 fr.

leur réelle, ce qui revient à dire que les fondeurs ont porté le bénéfice de leur industrie de 10 à 80 shillings par tonne. Il est aisé de comprendre combien un tel état de choses doit être sensible aux expéditeurs de minerais, et d'apprécier combien ils doivent être excités à favoriser par des marchés à longs termes les premières opérations d'une fonderie française. On retrouve donc ici la reproduction exacte des dispositions que j'ai signalées dans un autre ouvrage (1), et que fait naître chez les producteurs suédois le monopole trop exclusif exercé jusqu'à ce jour par la Grande-Bretagne dans le commerce des fers à acier.

Encouragements que donnerait la fonderie projetée aux mines de la France et de la Méditerranée.

Une fonderie élevée dans le bassin de Caronte, et gérée par d'habiles négociants, trouverait donc immédiatement, soit dans la Méditerranée, soit dans l'Océan, tous les approvisionnements nécessaires à un roulement de plusieurs années. Mais, pour apprécier l'avenir de cet établissement, il faut aussi tenir compte de l'influence même qu'il exercerait sur l'exploitation des minerais dans le bassin de la Méditerranée. Le littoral de cette mer est formé en grande partie d'une ceinture de montagnes maintenant déboisées, qui, depuis la plus haute antiquité, ont fourni des métaux et en recèlent encore d'immenses quantités. En tenant compte des nouveaux moyens d'action, acquis depuis un siècle à l'art des mines et des profondeurs auxquelles on peut maintenant pénétrer, il est vrai de dire qu'en général ces gîtes sont à peine effleurés, et pourraient pendant une

(1) Mémoire sur la fabrication des fers à acier dans le nord de l'Europe, etc. — Annales des mines, 4e série, t. IX, p. 175.

longue suite de siècles donner lieu à des exploitations florissantes. Le manque de combustible qui a interrompu la plupart de ces exploitations ne serait plus un obstacle à la reprise des travaux lorsqu'une fonderie centrale aurait été créée dans le bassin de Caronte. Les transports entre deux rivages opposés de la Méditerranée sont en général moins dispendieux que ceux qu'il faut faire ordinairement subir aux minerais dans les principales montagnes métallifères de l'Europe, entre les mines et les fonderies. Les frais de transport d'un point quelconque de cette mer au bassin de Caronte se trouveront d'ailleurs comparativement réduits par cette circonstance importante que les navires employés au transport des minerais pourront toujours prendre comme cargaison de retour (1) les houilles que réclame maintenant, sur chaque partie du littoral, la navigation à vapeur, et qui coûtent moins cher dans cette loca-

(1) Le commerce d'exportation qui ne date que de quelques années, a déjà une certaine importance et me paraît appelé à prendre un grand développement, si les exploitants du bassin d'Alais, profitant des avantages de leur situation, savent tirer parti de la richesse qui leur a été concédée. En 1846, la houille expédiée par voie de mer, de l'embouchure du Rhône et surtout du bassin de Caronte, s'est élevée à 108.000 tonneaux, savoir :

	tonnes.
Expédition pour le littoral français.	84.000
— pour les pays étrangers (Espagne, Sardaigne, Toscane, Deux-Siciles, Égypte, etc.).	24.000
	108.000

Les expéditions faites, en 1846, dans les pays étrangers suffiraient seules pour assurer des cargaisons de retour à tous les navires employés à l'approvisionnement d'une grande fonderie de minerais métallifères.

lité que dans toute autre région de la Méditerranée.

La fonderie de Caronte pourrait d'ailleurs trouver en France même des ressources considérables dans les chaînes métallifères de l'Aude, du Var, de l'Hérault, de la Lozère, des Alpes, du Forez, du Lyonnais, du Beaujolais, des Vosges, etc., qui, toutes, sont dans des conditions assez favorables pour expédier les minerais à l'embouchure du Rhône. Pendant la première époque, sinon pendant toute la durée de leur existence, les exploitations à ouvrir dans ces localités trouveront plus d'avantage à vendre leurs minerais à une fonderie centrale, même fort éloignée, qu'à les soumettre sur place au traitement métallurgique. Cette vérité se trouve si solidement établie par l'exemple de tous les grands districts métallifères de l'Europe, qu'à mes yeux la création d'une fonderie centrale dans le bassin de Caronte me paraîtrait l'événement le plus propre à développer l'industrie minérale dans le sud-est de la France. Ces exploitations indigènes fourniraient pour la plupart à la fonderie de Caronte des minerais plus pauvres que ceux qui seraient importés par voie de mer; et c'est surtout la présence de tels minerais qui motiverait une modification radicale dans la méthode galloise. Pour des minerais ayant une teneur moyenne de 0,02 à 0,03, tels que ceux qui alimentent les plus grandes fonderies de l'Europe continentale, et que l'on traite aussi parfois dans les fonderies de Swansea, la méthode galloise a de graves inconvénients et conduit, par exemple, à perdre dans les scories 25 pour 100 du cuivre contenu dans les minerais. Par ce motif seulement, on se trouverait encore ramené vers l'une de ces admirables méthodes de fusion propres à l'Europe continentale, et dans

lesquelles la teneur moyenne des scories rejetées est dix fois moindre que celle des scories du pays de Galles.

Dans l'état actuel des choses, les minerais qui alimenteront la fonderie de Caronte n'étant pas définis, il serait prématuré de rechercher quels procédés devront être employés pour leur traitement. Pour prévoir tous les cas possibles, il faudrait en quelque sorte présenter un abrégé de la métallurgie du cuivre, et ce n'est point ici le lieu d'entreprendre un tel exposé. Il suffisait de faire comprendre que la méthode galloise ne saurait être établie sans modification dans le bassin de Caronte. Si, dans l'origine, on devait y traiter des minerais identiques avec ceux que reçoivent les fonderies de Swansea; si, pour simplifier les difficultés d'un premier établissement et écarter les mécomptes qu'entraînent, avec des ouvriers inexpérimentés, les essais et les expériences, on se décidait d'abord à y importer cette méthode dans toute sa pureté, il faudrait être en mesure d'y apporter promptement les modifications que l'expérience ne tarderait pas à conseiller. C'est seulement à ces conditions que la fonderie nouvelle pourrait prendre un jour, dans le bassin de la Méditerranée, la haute position que lui promet la nature des choses, et provoquer par l'exemple d'un premier succès la création d'établissements analogues destinés au traitement des autres minerais métallifères.

En conseillant la création d'une fonderie de minerais de cuivre dans la France méridionale, je ne pense pas céder à un aveugle sentiment de rivalité nationale. Je sais que dans une bonne éco- La création de la fonderie projetée importe à la bonne organisation du commerce du cuivre.

nomie commerciale chaque peuple ne peut prétendre à s'assimiler toutes les industries des peuples voisins; qu'à cet égard il y a une sorte de partage naturel indiqué par les conditions physiques propres à chaque territoire, et qu'il y a, si l'on peut s'exprimer ainsi, perte de force humaine à troubler mal à propos l'ordre de choses que les conditions ont établi. D'un autre côté, personne n'apprécie plus que moi, d'une part, la supériorité naturelle qu'assure à la Grande-Bretagne la situation littorale de ses grands bassins carbonifères, de l'autre, l'habileté merveilleuse avec laquelle les métallurgistes anglais appliquent depuis un demi-siècle leurs combustibles à la fabrication de tous les métaux. Je conviens qu'en réussissant à traiter avec tant d'économie les minerais de cuivre importés de toutes les régions du globe, et en créant par là un approvisionnement nouveau de 12.000 tonnes de cuivre, les fondeurs de Swansea ont rendu à la civilisation un service signalé. Je reconnais enfin que dans le cours naturel des choses aucune autre région de l'Europe ne saurait produire cette richesse avec une si grande économie de matières et de travail humain. Si donc la Grande-Bretagne, en élaborant les minerais étrangers, avait toujours partagé dans une équitable mesure avec les producteurs de minerais et les consommateurs de cuivre, les avantages acquis dans cet ordre de choses à la marine et à la métallurgie britanniques; si un tarif d'achat, déterminé d'après les principes exposés précédemment (§ 14, p. 549), donnait aux vendeurs de minerais des garanties qui ne se trouvent plus aujourd'hui dans les ventes par *ticketing* (voir § 14, p. 554), je n'aurais point, pour ma part, élevé

de protestation contre une prospérité, résultat naturel de la richesse du sol et du génie commercial de l'Angleterre. Mais cette situation se trouve gravement modifiée, d'un côté, par l'impôt considérable que le gouvernement anglais prélève dorénavant, à l'occasion du transit des minerais cuivreux, sur les consommateurs étrangers et principalement sur l'industrie française ; de l'autre, par la coalition tacite qui s'établit souvent entre les fondeurs gallois, et qui permet à ces derniers de prélever sur les minerais importés une redevance exagérée, hors de proportion avec les frais qu'occasionne le traitement métallurgique. La création d'une fonderie dans la France méridionale, sans rompre entièrement des relations commerciales également avantageuses aux deux pays, donnera à l'industrie française des garanties contre le maintien ou du moins contre le progrès de ces deux tendances. L'existence du nouvel établissement ne sera pas compromise si le gouvernement anglais, ramené à un sentiment plus juste des intérêts commerciaux du pays, abroge le tarif restrictif de 1842. Le développement de la première fonderie sera très-rapide, et de semblables usines s'établiront vraisemblablement dans d'autres parties de la France, si les grandes familles qui possèdent la richesse minérale et les compagnies puissantes qui l'exploitent ont assez d'influence pour maintenir ce tarif ou pour le rétablir après l'abrogation temporaire qui pourrait en être faite.

La réalisation de l'entreprise dont j'ai indiqué les chances de succès préoccupe depuis un an des personnes réunissant, je l'espère, toutes les con- *Inconvénients des mesures de protection demandées dans un document parlementaire récent.*

ditions nécessaires pour la mener à bonne fin (1); je remarque même que la question commence à attirer l'attention des hommes d'État, et que dans un document parlementaire récemment publié (2), on a très-justement apprécié l'importance de cette nouvelle branche d'industrie. Je ne saurais toutefois admettre avec le rapporteur de la dernière commission des douanes, que pour encourager cette dernière, il convienne de porter à 66 fr. par tonne le droit imposé à l'admission en France du cuivre métallique. Le rapporteur motive surtout cette proposition sur ce que l'Angleterre impose aujourd'hui à l'admission de minerais étrangers un droit de douane qui explique la prospérité des fonderies galloises. Je ne saurais apercevoir aucune analogie entre ces deux mesures, et s'il y avait à chercher un enseignement dans le régime restrictif invoqué comme précédent, on arriverait à une conclusion tout opposée à celle que le rapporteur en prétend tirer. Loin d'assurer la prospérité des fonderies galloises, le tarif de 1842, en grevant la matière première élaborée dans ces établissements, est venu entraver leur essor (voir § 14, p. 563). Aussi les fondeurs de Swansea sont-ils les plus ardents adversaires de ce tarif qui donne aujourd'hui à l'administration anglaise les mêmes embarras que donne à l'administration française le tarif des sucres. La question des cuivres est essentiellement différente en France

(1) Le présent ouvrage, terminé à la fin de 1847, n'a été complétement imprimé qu'en mai 1848.

(2) Rapport fait sur le projet de loi relatif aux douanes, par M. Lanyer, député de la Loire (séance du 24 juillet 1847), pages 191-196.

et en Grande-Bretagne. En 1842, le gouvernement anglais voyait en présence deux groupes d'intérêts : d'un côté, les propriétaires et les exploitants des mines indigènes qui produisent annuellement 15.000 tonnes de cuivre valant 33 millions de francs; de l'autre, les négociants, les armateurs de navires et les fondeurs intéressés à acheter, transporter et fondre une masse de minerais produisant à peu près la même quantité de métal. En adoptant le tarif du 9 juillet 1842, le gouvernement, sans sacrifier décidément ces derniers intérêts, a fait pencher la balance en faveur des industries qui tirent exclusivement du sol toutes leurs conditions d'existence et qui assurent à la population la plus grande somme de travail. Le principe de protection adopté en cette circonstance a sans doute de graves inconvénients; il expose comme je l'ai dit, le gouvernement à tous les embarras d'une lutte entre des intérêts également puissants. Loin de se féliciter d'être entré dans cette voie, le gouvernement tentera vraisemblablement d'en sortir et de trancher la difficulté dans le sens de la liberté commerciale. Ce régime a cependant pour la Grande-Bretagne des avantages qu'on ne peut méconnaître; et par exemple, en présence de l'essor si rapide des mines étrangères, il fournira au besoin les moyens de conserver aux mines du Cornwall leur importance actuelle en réservant à celles-ci le marché de la Grande-Bretagne.

En France, la situation est essentiellement différente : si l'on n'y jouit pas des avantages attachés à la production d'un métal indigène, on a pu du moins se soustraire à tous les embarras du régime restrictif. En outre, l'industrie française a profité avec tant d'habileté et d'intelligence de

facilités accordées par le tarif à l'importation du cuivre, que la consommation de ce métal (voir p. 560) y est à peu près au niveau de celle qui a lieu en Grande-Bretagne. La même remarque peut être faite pour le zinc qui est admis en France moyennant un simple droit de balance (1). Le seul intérêt qui se rattache en France au commerce du cuivre est celui des industries qui élaborent ce métal ; cet intérêt exige que la matière première soit obtenue sur le marché français au moindre prix possible ; il serait compromis par l'aggravation de droit qu'on propose

(1) Les droits imposés en France et en Grande-Bretagne à l'importation de 1.000 kilogrammes de divers produits minéraux sont indiqués dans le tableau suivant, qui rappelle aussi le prix moyen de vente dans les entrepôts :

DÉSIGNATION.	PRIX moyen approximatif de 1000 kil.	MONTANT du droit d'entrée	
		en France.	en Grande-Bretagne.
	fr.	fr.	fr.
Minerai de cuivre tenant 22 p. 100.	387	1,10	34,09
Zinc.	440	1,10	1,26
Cuivre.	2.200	33,00	232,95
Étain.	2.000	44,00	154,98
Plomb.	420	77,00	25,83
Fer commun.	180	206,20	25,83
Acier commun.	300	720,50	47,25

d'établir. En élevant artificiellement le prix du cuivre sur le marché français pour provoquer la création de fonderies et d'exploitations de mines indigènes, on compromettrait une prospérité toute créée, et qui doit grandir encore, pour une éventualité qui pourrait ne pas se réaliser. J'ai prouvé que dans les conditions actuelles on pourrait entreprendre avec succès, sur une échelle restreinte, la fusion des minerais étrangers; que cette entreprise donnerait à l'industrie française les moyens de se soustraire aux exigences déraisonnables du tarif anglais et des fondeurs gallois; qu'elle développerait les incontestables éléments de succès que présentent les houillères du midi pour le traitement des minerais métallifères de la Méditerranée. Ce but, le seul qu'il faille poursuivre maintenant, peut être atteint sans aucune aggravation du tarif; on exposerait l'industrie française à des mécomptes de tout genre en l'excitant, par l'appât de mesures exceptionnelles, à aller au delà.

Il est sans doute à désirer que l'exploitation des minerais métallifères (autres que ceux de fer), à peu près nulle aujourd'hui, prenne un développement proportionné aux richesses considérables que recèle le territoire français : j'ai la conviction qu'une telle entreprise est l'une de celles qui pourraient le plus illustrer l'administration française. Mais ce serait en vain qu'on prétendrait donner l'essor à l'industrie minérale, par une élévation de tarif, même plus considérable que celle qui est réclamée pour le cuivre par le rapport sur la loi des douanes.

Ce n'est point ici le lieu d'analyser les causes qui empêchent en France l'essor de l'industrie

minérale, et qui même ont amené l'abandon d'exploitations autrefois prospères ; mais on démontrerait aisément, en se fondant sur un exposé de ce genre, que le régime protecteur n'aurait pas ici la même efficacité que dans d'autres branches d'activité, et qu'il n'en résulterait guère pour l'industrie nationale que des inconvénients.

Ère nouvelle où vont entrer la production et le commerce du cuivre.

La conservation du tarif aujourd'hui en vigueur ne peut nullement compromettre le développement des exploitations indigènes et des fonderies que je propose d'établir ; elle me paraît en outre d'une haute importance dans l'ère nouvelle qui paraît s'ouvrir pour le commerce du cuivre. L'Europe et au premier rang le Cornwall étaient, il y a vingt ans, la source principale, à peu près unique, de la production du cuivre. L'Amérique, qui ne prenait alors à cette production qu'une part insignifiante, s'est déjà placée à la tête des autres régions du globe. Les principaux districts de mines, tous concentrés jusqu'à ce jour dans l'Amérique méridionale, renferment d'immenses quantités de minerais : la production du cuivre est évidemment appelée à y prendre un plus grand essor. Mais cette richesse n'est rien à ce qu'il paraît en comparaison des vastes dépôts de minerai cuivreux inexploités jusqu'à ce jour dans les Hautes-Andes du Pérou et de la Bolivie, et au centre de l'Amérique du Nord dans le bassin du lac Supérieur. L'état actuel de la civilisation dans les premières régions pourra longtemps encore retarder la mise en valeur des dépôts cuivreux de Hautes-Andes ; mais le peuple entreprenant qui a déjà accompli de si grandes choses ne tardera pas à conquérir pour la civilisation les cuivres du lac Su-

périeur. Les détails précis qui m'ont été communiqués récemment par M. Peabody, l'un des ingénieurs chargés par le gouvernement des États-Unis d'explorer cette région, démontrent que d'ici à un petit nombre d'années, les cuivres de cette origine arriveront en quantité considérable sur tous les marchés de l'Europe. Déjà, en 1845, un millier de concessions ou de délimitations pour recherches, avaient été ouvertes dans la portion du littoral où les forêts vierges qui couvrent la totalité du pays sont le plus facilement accessibles. Cet espace, où le cuivre natif, malléable, abonde partout à la surface du sol, a une longueur de 300 kilomètres avec une largeur moyenne de 20 kilomètres; ce n'est cependant que la moindre portion de cet immense district métallifère. M. Peabody estime que dès à présent, les cuivres peuvent être transportés des mines aux ports américains au prix de 70 francs la tonne, et que les frais de transport subiront prochainement une réduction considérable lorsqu'on aura établi, à l'aide d'un canal long de quelques kilomètres seulement, une navigation plus régulière entre le lac Supérieur et le lac Michigan. Dans des conditions aussi favorables, aussi extraordinaires, l'exploitation des mines du lac Supérieur doit inévitablement amener une baisse notable dans le prix marchand du cuivre et donner à toutes les industries qui élaborent ce métal une impulsion comparable à celle qui s'est manifestée depuis un quart de siècle dans la consommation du fer. Si, en présence de cette nouvelle concurrence, le gouvernement anglais persiste à assurer autant qu'il dépend de lui, par des tarifs suffisamment élevés, la conservation des exploitations du Cornwall, le

marché du cuivre de la Grande-Bretagne se trouvera exactement dans les conditions où le marché du fer se trouve placé en France depuis la promulgation des lois de douane de la restauration : il restera complétement isolé du commerce extérieur. La production des cuivres indigènes se trouvera rigoureusement limitée par les besoins du marché intérieur : la Grande-Bretagne devra renoncer à l'exportation de ces nombreux produits dans lesquels la valeur du cuivre joue un rôle considérable. Ne pouvant, dans aucun cas, offrir un débouché aux cuivres étrangers, elle se trouvera même placée dans des conditions désavantageuses pour recevoir les cuivres en entrepôt et pour servir d'intermédiaire entre les producteurs américains et les consommateurs d'Europe. Il est évident que la France où le marché du cuivre, même dans les conditions actuelles, a déjà une importance de premier ordre, prendra dans cette hypothèse une grande prépondérance, et qu'en tous cas, dans l'avenir qui se prépare, sa position sera d'autant meilleure, que les cuivres étrangers auront sur son territoire un plus libre accès. Quelle que soit la suite donnée au projet d'une fonderie indigène, je ne crois donc pouvoir conclure ce travail plus utilement, qu'en proposant de conserver pour l'admission des cuivres et les minerais de cuivre étrangers le tarif modéré, libéral, qui existe en France depuis deux siècles.

APPENDICES.

§ 16. *Études chimiques sur les matières premières et sur les produits de la méthode galloise.*

Importance des collections métallurgiques et des études chimiques pour le progrès de la métallurgie.

Je me suis borné, dans les §§ 1 à 12, à mentionner, autant que l'exigeait la description méthodique de l'industrie galloise, les résultats déduits de l'analyse chimique des matières premières et des produits. Pour ne point nuire à l'exposé des faits principaux, je n'ai point signalé les méthodes à l'aide desquelles ces résultats ont été obtenus. Il m'a semblé toutefois que les chimistes qui entreprendront par la suite des recherches du même genre, soit sur la même industrie, soit sur les autres branches de la métallurgie du cuivre, pourraient tirer quelque profit de l'expérience que j'ai acquise dans cette spécialité de l'analyse chimique. Cette pensée m'a conduit à réunir dans cet appendice quelques indications sommaires sur les procédés dont j'ai fait usage avec le plus de succès.

Les procédés qui ont pour objet l'analyse des matières premières et des produits de la métallurgie se distinguent, à beaucoup d'égards, de ceux qui sont propres aux autres branches de l'analyse chimique, parce qu'ils ont à satisfaire à des convenances toutes spéciales. La plus impérieuse de ces convenances est de concilier le degré d'exactitude qui suffit pour chaque genre d'analyse avec la rapidité d'exécution sans laquelle il serait impossible de mener à bonne fin des recherches embrassant un grand nombre de produits.

Les recherches chimiques ayant pour objet les

produits métallurgiques n'ont, en effet, dans la plupart des cas, un intérêt réel que lorsqu'elles concernent de nombreuses suites de matières premières et de produits. Le caractère dominant de ces matières et de la plupart des produits qu'on en obtient est une extrême irrégularité; on arriverait donc presque toujours à des conclusions fausses, si on se bornait à étudier un petit nombre d'échantillons isolés. Cette nécessité d'opérations multipliées est une difficulté très-sérieuse qui, rapprochée de celles que j'ai déjà signalées dans l'introduction de cet ouvrage (p. 13), explique l'infériorité actuelle des théories métallurgiques en présence de la perfection acquise depuis un temps immémorial par la pratique de l'art.

L'un des moyens les plus efficaces auxquels on puisse recourir pour perfectionner la métallurgie théorique et pour fonder l'enseignement philosophique de cette science est de recueillir, dans des conditions rigoureusement déterminées et pour chaque méthode-type, de nombreuses suites de matières premières et de produits. En ce qui me concerne, depuis que cette branche d'enseignement m'a été confiée, je n'ai rien négligé pour recueillir de telles collections dans tous les grands districts métallurgiques de l'Europe. J'ai pu compléter ainsi, pour cette époque, l'œuvre commencée par mes prédécesseurs, MM. Hassenfratz et Guényveau, poursuivie par un grand nombre d'anciens élèves de l'École des mines, et particulièrement, pour la Grande-Bretagne, par MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont. L'École des mines de Paris possède maintenant la plus complète collection de ce genre qui ait été réunie jusqu'à ce jour.

Il est moins difficile cependant de recueillir de

telles collections que de les étudier sous tous les points de vue, et surtout que de les soumettre à l'analyse chimique : des recherches aussi vastes ne pourraient être accomplies que par des réunions de chimistes animés par une même pensée scientifique. Le besoin de telles réunions se fait également sentir dans toutes les branches de l'histoire naturelle ; mais en attendant qu'elles se réalisent, un métallurgiste isolé peut prétendre tout au plus à résoudre les questions les plus urgentes. Encore doit-il, pour atteindre ce but, s'appliquer sans cesse à s'approprier les méthodes les plus expéditives. Cette nécessité s'est fait sentir depuis fort longtemps dans la pratique même des arts métallurgiques ; c'est ainsi que, pour constater expéditivement la quantité de métaux utiles contenus dans les minerais métallifères, les métallurgistes praticiens ont en quelque sorte donné naissance à la chimie : l'art d'essayer les minerais métallifères, la *docimasie*, est même encore aujourd'hui l'une des branches les plus originales, les plus ingénieuses de l'analyse chimique.

Caractères spéciaux des procédés d'analyse chimique applicables aux produits métallurgiques.

Les recherches chimiques qu'il faudra entreprendre sur une immense échelle, pour fonder sur de solides bases la métallurgie théorique, conduiront inévitablement à employer des procédés spéciaux et à créer en quelque sorte, à côté de la docimasie, une branche spéciale de l'analyse chimique. C'est ainsi, par exemple, que dans le cours des recherches que j'ai faites sur les produits de la méthode galloise et des autres méthodes-types de la métallurgie du cuivre, j'ai reconnu l'utilité de certains procédés de manipulation et de certaines formules d'analyse, qui, à ma connaissance, ne sont pas ordinairement employés dans les laboratoires.

Les manipulations dont j'ai fait l'usage le plus fréquent sont les précipitations des dissolutions métalliques au moyen du gaz sulfide hydrique et les évaporations de toutes sortes de dissolutions. Ces opérations qui conduisent ordinairement à des dosages très-exacts ont eu jusqu'ici l'inconvénient d'exiger un temps considérable : je suis parvenu à les exécuter d'une manière simple et économique, presque sans dépense, au moyen des dispositions que je vais indiquer.

Appareil nouveau pour faire réagir le gaz sulfide hydrique sur les dissolutions métalliques.

Avec l'appareil ordinairement employé pour faire réagir le gaz sulfide hydrique sur les dissolutions métalliques, la plus grande partie, parfois les dix-neuf vingtièmes du gaz dégagé restent sans action sur le liquide. Le gaz en excès se répand en pure perte dans le laboratoire, où il exerce une action nuisible au succès des autres opérations; à la conservation des réactifs, des appareils métalliques, et surtout des balances; quelquefois même à la santé des opérateurs. Ordinairement pour se soustraire à ces inconvénients, on dispose ces appareils à l'air libre, loin du centre principal des travaux; mais cette disposition amène des inconvénients d'un autre genre. L'action du gaz devenant presque nulle quand le dégagement est très-ralenti, l'opérateur doit sans cesse se déplacer pour stimuler le dégagement du gaz; si donc d'autres travaux détournent son attention de ce détail, l'opération languit et cesse de marcher de front avec celles qui s'accomplissent dans l'intérieur du laboratoire. Ces difficultés, peu sérieuses en apparence, ont en réalité pour résultat de faire renoncer, en beaucoup de cas, à l'emploi d'un des réactifs les plus précieux de la chimie analytique.

La nécessité où je me suis trouvé de faire constamment usage du gaz sulfide hydrique pendant la saison d'hiver, dans un laboratoire peu étendu, près duquel je ne pouvais opérer à air libre, m'a conduit à la découverte d'un appareil exempt de tous ces inconvénients. La précipitation complète d'une dissolution s'y accomplit, avec l'équivalent exact de gaz, et par conséquent sans qu'aucune trace de celui-ci se répande dans le laboratoire. Le gaz n'étant plus consommé qu'en très-faible quantité peut se dégager très-lentement et presque sans l'intervention de l'opérateur.

L'appareil que je recommande aux chimistes est représenté avec détail sur la *Pl. IV* (*fig.* 1) : il se distingue uniquement de l'appareil ordinaire en ce que le tube de verre vertical *a a* qui amène le gaz dans la dissolution est soudé avec une calotte sphérique de verre *b b* (1) plongée comme l'extrémité inférieure du tube dans la dissolution sur laquelle le gaz doit réagir. Chaque bulle de gaz amenée par le tube va tout d'abord se loger dans cette espèce de cloche renversée d'où elle chasse un pareil volume de liquide. Soumises à une pression qu'on peut accroître à volonté, touchant par une large surface au liquide inférieur, les bulles de gaz ne tardent pas à s'y dissoudre, puis à réagir sur les métaux qu'il contient. Aucune trace de gaz ne peut évidemment échapper à la réaction. Tant que les métaux sur lesquels agit le gaz ne

(1) M. Fastré, quai des Augustins, n° 63, dont l'habileté est connue, a bien voulu s'appliquer, sur mes instances, à surmonter les difficultés très-sérieuses qui s'opposaient à la préparation de ce nouveau produit de l'art du souffleur : il le fabrique depuis plusieurs années avec toute la perfection désirable.

sont point précipités, celui-ci ne peut rester dissous dans le liquide : cette dissolution ne commence qu'à partir du moment où la précipitation des métaux est complète. On peut donc commencer la filtration des sulfures précipités dès que le liquide commence à manifester une légère odeur de gaz.

Les vases que j'emploie pour placer le liquide à élaborer sont des cylindres *cc* légèrement coniques : ils sont munis à leur orifice d'un petit bec qui permet de verser le liquide en toute sécurité. En opérant sur les dissolutions que peut donner l'analyse de 1 gramme de matière cuivreuse (scorie, matte, cuivre brut, etc.), il suffit de donner à ce vase les dimensions indiquées sur la figure, qui correspondent à un volume de $0^{lit.},460$. Pour éviter que les mouvements imprimés à l'air du laboratoire n'enlèvent de légères émanations au liquide partiellement saturé de gaz, je fais dresser avec soin le bord supérieur des vases pour y appliquer une rondelle de verre *dd*, percée à son centre d'un trou à peu près égal au diamètre du tube *aa* et qui se place au besoin dans la situation *d'd'*. Cette même plaque préserve le liquide contre la chute de ces poussières qui, dans les laboratoires les mieux tenus, altèrent toujours la pureté et la transparence des liqueurs.

Pour chasser l'air qui se loge d'abord dans la calotte *bb* quand on plonge cet appareil dans le vase *cc* rempli de liquide, j'emploie un petit tube recourbé *ef* ayant seulement 2 millimètres de diamètre intérieur. Lorsque après avoir placé le doigt sur l'extrémité *f*, on introduit le bout *e* au-dessous et au contact du sommet de la calotte, l'air comprimé dans celle-ci par la pression du liquide se trouve mis en communication avec l'air extérieur

et s'échappe en totalité. Ce même tube permet de faire sortir de loin en loin, pendant le cours des opérations, les gaz inertes qui peuvent se trouver mélangés au gaz sulfide hydrique. Ce tube est toujours placé à cet effet en *e'f'* dans un verre à pied *k*, sous la main de l'opérateur.

Pour saturer complétement de gaz sulfide hydrique, les liqueurs les plus chargées de cuivre provenant chacune de l'analyse de 1 gramme de matière, je dispose comme il vient d'être dit, à la fin de la journée, autant d'appareils que j'ai de liqueurs à traiter, une demi-douzaine, par exemple; je provoque et surveille pendant un quart d'heure environ le dégagement du gaz dans chacune des liqueurs, puis j'abandonne les opérations à elles-mêmes pendant toute la nuit. Le lendemain je trouve ordinairement les liqueurs complétement saturées et je puis immédiatement procéder à la filtration. A cet effet j'enlève le vase *c c* où je fais tomber, à l'aide d'un fil de platine et de pissettes à bec droit et recourbé, le liquide et les sulfures qui restent adhérents au tube *a a* et à la calotte *b b*; j'achève le lavage de ces derniers objets en les introduisant dans le verre à pied *k* que j'emplis ainsi, aux trois quarts, d'eau distillée : cette eau dans laquelle je fais dégager en même temps un peu de gaz sert à laver à la fois le tube *a a b b*, le tube recourbé *e f* et le dépôt obtenu dans la première liqueur.

J'ai fait beaucoup d'essais pour trouver un moyen sûr de faire dégager lentement pendant une nuit entière le gaz nécessaire à la réaction : parmi les procédés qui m'ont le mieux réussi, je citerai le suivant. Je me procure, dans les ateliers de construction de machines, des limailles fraîches et

très-fines de *fer fort doux* obtenues par le polissage de certaines pièces au moyen de limes à fines tailles. Je soumets cette limaille à un frottement énergique puis à une sorte de vannage, pour en séparer la poussière et un peu d'oxyde ferrique adhérent; je la fais ensuite passer dans un tamis à fines mailles. Je mêle avec soin 100 parties en poids de cette limaille avec 80 parties de fleur de soufre préalablement tamisée. J'introduis le mélange parfaitement homogène dans le ballon *g* où se doit préparer le gaz sulfide hydrique et je forme du tout une pâte épaisse en ajoutant peu à peu dans le ballon la quantité d'eau convenable. Il est essentiel de ne point secouer le ballon, et surtout de n'y point ajouter un excès d'eau, car sous la double influence des secousses et de l'eau, les deux matières solides, qui ont des densités fort inégales, ne tarderaient pas à se séparer. J'opère le brassage de la poudre et de l'eau au moyen de fortes tiges de verre plein, convenablement disposées pour cet usage. Le mélange pâteux étant opéré et la matière étant réunie au fond du ballon qui doit alors être rempli à moitié, je verse encore doucement au-dessus de ce mélange, sans l'agiter, environ 20 parties d'eau, puis j'enterre le ballon tout entier dans une masse de sable chauffée à une température voisine de 100°. Après un quart d'heure environ, la matière qui jusque-là avait conservé la nuance jaune-grisâtre du mélange sec, noircit progressivement de la surface au centre; une réaction très-vive produit le sulfure ferreux et sous l'influence de la température élevée qui en résulte, l'eau mélangée aux matières solides sort abondamment à l'état de vapeur : dès que le dégagement se ralentit je ferme le flacon avec un

bouchon percé d'une faible ouverture; enfin dès que celle-ci cesse de donner issue à la vapeur d'eau, j'adapte au ballon un bouchon muni des deux tubes *h h* et *i i* qui servent à l'introduction de l'acide sulfurique étendu d'eau et à la sortie du gaz. Un ballon tel que celui qui est représenté *fig.* 1, *Pl. IV*, et dont la capacité intérieure est $0^{lit.},700$, peut recevoir 700 grammes de mélange. Pour produire le gaz, il ne reste plus qu'à verser dans le ballon, au moyen du tube en S *hh*, de l'acide sulfurique étendu de 4 1/2 parties d'eau. Le gaz ainsi produit ne tient qu'une faible proportion d'hydrogène pur : cette proportion est d'autant moindre que l'on a suivi plus ponctuellement le mode de préparation indiqué. Théoriquement, le sulfure préparé avec 100 grammes de limaille de fer produit 63 grammes de sulfide hydrique, lequel peut servir à précipiter 117 grammes de cuivre métallique. Dans la pratique, on peut aisément traiter au moyen d'un appareil contenant 700 grammes de mélange une centaine de liqueurs provenant d'autant d'analyses : chacun d'eux servirait donc trois à quatre mois dans un laboratoire où l'on en ferait un usage constant.

Appareils nouveaux pour l'évaporation rapide et sûre des liquides.

J'ai dû très-souvent recourir à l'évaporation, particulièrement dans les circonstances suivantes : 1° pour porter à siccité les liqueurs provenant de l'attaque des scories cuivreuses au moyen des acides : c'est le seul moyen de rendre insoluble dans l'eau et les acides la silice gélatineuse due à la décomposition de ces silicates; 2° pour doser par voie sèche un oxyde ou des mélanges d'oxydes dissous dans des liqueurs qui ne tiennent que de l'acide nitrique, de l'acide sulfurique et de l'am-

moniaque, et dont les nitrates et les sulfates sont d'ailleurs décomposables par la chaleur : ce procédé est incomparablement plus exact que celui qui consiste à précipiter ces oxydes dans des liqueurs plus ou moins étendues; 3° enfin pour rapprocher des liqueurs trop étendues : cette précaution, par exemple, est indispensable pour le dosage de la magnésie qui reste presque toujours en dernier lieu dans des liqueurs étendues par une série de lavages successifs.

Certaines difficultés pratiques restreignent beaucoup dans les laboratoires l'usage de ce moyen d'analyse. L'évaporation à feu nu entraîne une surveillance très-assidue : si celle-ci se dément un seul instant, l'opération s'arrête faute de combustible, ou se trouve manquée par suite d'un feu trop vif qui, portant le liquide à l'ébullition, amène des projections de matières. Les bains de sable employés pour cet usage dans quelques laboratoires offrent sans doute une température plus régulière : ils ne sont pas exempts toutefois des inconvénients que je viens de signaler; on y trouve d'ailleurs dans la pratique des inconvénients d'un autre genre, et ceux-ci sont tels que plusieurs chimistes allemands renommés par la tenue soigneuse de leurs laboratoires ont cru devoir proscrire complétement ce moyen d'appliquer aux liquides l'action de la chaleur. Il est moins dangereux de modérer l'évaporation que de la trop hâter. Dans la pratique, cette opération traîne ordinairement en longueur et le vase évaporatoire se charge des matières charbonneuses, des cendres et des matières pulvérulentes de toute nature qui sont toujours en suspension dans l'air des laboratoires; la présence de ces matières nuit toujours à

l'exactitude et surtout à la netteté des opérations.

J'ai fait beaucoup de tentatives pour trouver des méthodes d'évaporation exemptes de tous ces inconvénients : parmi celles qui m'ont le mieux réussi je recommande particulièrement les suivantes.

Dans la première méthode, je me sers simplement des fourneaux construits dans la paillasse de mon laboratoire : j'y établis l'appareil d'évaporation indiqué *Pl. IV, fig.* 2. Je place sur la grille *h h* du fourneau quelques charbons embrasés, et, par-dessus, du charbon de tourbe gazeux, concassé en fragments formant une couche *a a*, épaisse de 5 à 6 centimètres. Dès que toute la masse commence à s'embraser, j'étends doucement au-dessus une nouvelle couche *b b*, épaisse de 2 centimètres, formée de la cendre légère que donne la combustion même du charbon de tourbe. La capsule *c c*, qui contient la liqueur à évaporer, est placée sur un triangle à l'orifice du fourneau, à $0^m,10$ environ au-dessus du niveau du combustible. Autour de la capsule est disposée une sorte de tambour en cuivre composé de deux parties : l'une cylindrique *d d*, dont la hauteur est proportionnée à la profondeur de la capsule ; l'autre circulaire *e e* servant de couvercle, affleurant à peu près au niveau de la capsule et dont le bord intérieur n'est séparé de celle-ci que par un vide d'un à trois millimètres. Sur ce couvercle enfin est posé un entonnoir de verre *f f* qui recouvre entièrement la capsule et le vide circulaire. Toutes les pièces *d* et *e* employées dans le laboratoire ont le même diamètre ; seulement on fait varier la hauteur des cylindres *d*, et le diamètre de l'échancrure centrale des couvercles *e*, pour que les uns et les autres s'adaptent exactement aux deux ou trois grandeurs

de capsules usuellement employées. La dimension la plus ordinaire convenant aux analyses opérées sur 1 gr. de matières est la capsule de Sèvres, dont le diamètre intérieur est $0^m,135$. Une telle capsule pleine d'eau, placée à la fin de la journée sur un fourneau ainsi disposé, est toujours évaporée complétement le lendemain matin sans aucune intervention de l'opérateur. Cette disposition très-simple réunit presque tous les avantages qu'il est possible d'attendre d'un appareil d'évaporation : elle n'exige de l'opérateur que les quelques minutes nécessaires pour monter le feu et pour régler l'ouverture *g* ménagée pour l'admission de l'air; la capsule est chauffée très-économiquement par le rayonnement de la cendre chauffée au rouge sombre et par les gaz chauds produits dans le foyer, amenés en totalité au contact de la capsule. Bien que la température du liquide n'approche jamais du terme de l'ébullition, l'évaporation est néanmoins très-rapide : l'activité qui lui est imprimée vient surtout de ce que le courant du gaz chaud et sec débouchant avec vitesse par le vide annulaire qui entoure la capsule vient se rabattre à la surface du liquide avant d'être soutiré par l'entonnoir. Ce dernier préserve d'ailleurs le liquide contre la chute des matières qui peuvent se trouver en suspension dans l'air du laboratoire.

Il arrive cependant quelquefois que quelques poussières charbonneuses, extrêmement ténues, enlevées au foyer et entraînées par le courant de gaz chauds, pénètrent dans l'entonnoir et se déposent dans la capsule. On évite complétement ce dernier inconvénient, et l'on épargne encore le temps employé dans la disposition précédente pour le montage du feu, au moyen de l'appareil

figuré *Pl. IV, fig.* 3; on y évite aussi l'obligation de faire souvent nettoyer le couvercle de cuivre *e e* (*Pl. IV, fig.* 2), lequel s'oxyde sous l'influence des vapeurs acides qui se dégagent de la capsule.

Ce second appareil, qu'on pourrait nommer *fourneau-veilleuse*, se compose des cinq pièces suivantes, assemblées comme l'indique la figure citée. *a a*, fourneau dans l'intérieur duquel se produisent les phénomènes calorifiques. *b b*, *c c*, rondelles mobiles partiellement échancrées sur lesquelles repose la capsule *d d* remplie de liquide. Les échancrures y sont disposées de manière à empêcher l'ascension trop directe des gaz chauds. *e e*, rondelle supérieure mobile reposant sur le fourneau; un vide circulaire, large de 1 à 3 millimètres, est réservé pour le passage des gaz chauds, entre cette rondelle et la capsule. *f f*, entonnoir de verre rempli de gaz chauds, déterminant le tirage au travers du vide *e d*, et préservant la capsule contre la chute des poussières en suspension dans l'air du laboratoire. La chaleur nécessaire à l'évaporation est développée très-simplement à la partie inférieure du fourneau, au moyen de mèches placées sur un bain d'huile, d'un bec de gaz, etc. On règle par expérience la dimension de l'ouverture *g* à réserver à la partie inférieure du fourneau pour l'admission de l'air; on détermine aussi facilement la quantité d'huile *h* ou l'ouverture du bec de gaz qui sont nécessaires pour évaporer en une nuit la totalité du liquide contenu dans la capsule.

Ces sortes d'appareils, qui substituent à peu près complétement au travail personnel de l'opérateur l'action des agents physiques, augmentent singulièrement le nombre des analyses qu'un chimiste

peut exécuter dans un temps donné ; sous ce rapport, ils me semblent devoir exercer une utile influence sur le progrès de la métallurgie théorique.

Formules principales employées pour l'analyse des produits de la méthode galloise.

Je terminerai ce paragraphe en indiquant sommairement les formules d'analyse dont j'ai fait le plus fréquent usage à l'occasion de mes études sur les matières premières et les produits de la méthode galloise. Ces descriptions partielles seront rangées sous des numéros d'ordre correspondant aux divers renvois que j'ai faits dans le cours des §§ 1 à 12, en citant les résultats fournis par l'analyse. On remarquera quel usage fréquent a dû être fait, dans le cours de ces nombreuses recherches, des deux moyens expéditifs qui viennent d'être décrits.

1. *Sur la proportion de soufre chassée par le grillage des minerais de 1re et de 2e classe,* (§ 3, p. 158).

La difficulté de cette recherche gît surtout dans l'embarras qu'on éprouve à recueillir des matières d'essai qui puissent être adoptées comme types soit des minerais bruts, soit des minerais convenablement grillés. Pour surmonter autant que possible cette difficulté, j'ai fait prendre pendant quinze jours un échantillon de chaque charge, avant et après le grillage ; chacun de ces échantillons était lui-même la moyenne de six prises d'essai faites dans toutes les parties de la masse au moment de l'introduction dans le four, et de la reprise dans le réservoir inférieur. Sur chaque échantillon ainsi recueilli et soigneusement mélangé, on prenait environ 1 kilogr. de matière que l'on pulvérisait dans un mortier pour le faire passer en totalité au travers d'un tamis de crin.

Chaque charge donnait ainsi deux échantillons, l'un de minerai brut, l'autre de minerai grillé, et chacun d'eux était déposé dans une caisse. Chaque jour on introduisait dans chaque caisse deux échantillons ainsi préparés, provenant de deux charges élaborées dans les 24 heures précédentes. Après deux semaines, on a ainsi obtenu dans chaque caisse 24 kilogr. de minerais. Sur ces masses soigneusement mélangées, on a pris deux échantillons de 1 kilogr., que l'on a considérés comme représentant la composition moyenne, l'une des minerais bruts, l'autre des minerais grillés. Cette longue manipulation a été répétée pour deux fours de grillage, élaborant, le premier des minerais pauvres destinés à la fonte II, le second des minerais de richesse moyenne destinés à la fonte V.

On a suivi le procédé suivant pour rechercher le soufre dans chacun des quatre échantillons : attaque de 1 gramme de minerai porphyrisé, par un mélange d'acide chlorhydrique et d'acide nitrique concentrés; lavage du dépôt par décantations successives, avec beaucoup d'eau; rassemblement de ce dépôt sur un filtre pesé (après digestion dans l'acide chlorhydrique, lavage et dessiccation); pesage du filtre et de la matière insoluble après dessiccation, puis dosage par gazéification du soufre mélangé mécaniquement au dépôt. Addition de chlorure de barium en excès à la liqueur acide contenant le reste du soufre et les éléments solubles du minerai; ébullition de la liqueur; refroidissement et filtration par décantation; addition à chaud de quelques gouttes d'acide chlorhydrique, puis de beaucoup d'eau; ébullition pendant 5', refroidissement et filtration par

décantation. Renouveler de la même manière, à cinq ou six reprises, ces lavages à l'eau acidulée et par décantation jusqu'à ce que la liqueur filtrée ne se trouble aucunement par l'addition d'acide sulfurique; rassembler enfin la totalité du dépôt insoluble sur un filtre et laver ce dernier avec de l'eau aiguisée d'acide chlorhydrique; calciner ce dernier au rouge et le peser. La matière ainsi obtenue est toujours d'un beau blanc, même lorsque la liqueur primitive est très-chargée de sels de fer; elle a d'ailleurs été soumise à l'essai suivant. Fonte de la matière au creuset d'argent avec de la potasse caustique; mise en digestion dans l'eau; traitement par un excès d'acide chlorhydrique pur; filtration du dépôt; évaporation à sec de la liqueur acide; reprise par l'eau acidulée. Cette dernière liqueur ne laissant aucun résidu insoluble, on en a conclu que la matière blanche n'avait retenu aucune trace de la silice qui pouvait être en dissolution dans la première liqueur; qu'elle pouvait en conséquence être considérée comme du sulfate de baryte pur. On a réuni par le calcul le soufre dosé sous ces deux formes différentes.

2. *Sur la perte de poids que les minerais subissent par le grillage* (§ 3, p. 158).

La diminution de poids produite par le grillage sur les minerais de la première et de la deuxième classe, a été déduite de pesées repétées successivement sur la même charge avant et après le grillage : on opérait chaque fois sur un quintal anglais; les chances d'erreur n'atteignant jamais une demi-livre, chaque pesée peut être regardée comme exacte à moins d'un demi-centième. Les difficultés qu'entraînent ces sortes d'estimations

au milieu du roulement d'une grande usine n'ont pas permis de les répéter sur plus d'une charge de chaque espèce de minerais.

3. *Sur la présence constante de l'acide sulfurique dans les gaz du grillage* (§ 3, p. 163).

Dès étoupes neuves, lavées avec grand soin et fortement imprégnées d'eau distillée, ont été placées pendant quelque temps dans les vapeurs sulfureuses qui se dégagent des minerais soumis au grillage; ces mêmes étoupes ont été ensuite de nouveau mises en digestion dans l'eau. Celle-ci, chargée d'acide chlorhydrique pur, a toujours été fortement troublée par l'addition du chlorure de barium. Le résultat a été le même à toutes les époques de l'opération. Il est digne de remarque que l'acide sulfurique abonde encore dans les vapeurs qui se dégagent du minerai à la sortie du four, bien que ce même minerai, essayé après le refroidissement, soit souvent exempt de sulfates métalliques et n'en contienne que de simples traces. (Voir l'article suivant.)

4. *Sur la proportion de sulfates contenue dans les minerais grillés* (§ 3, p. 163).

J'ai opéré sur six échantillons, introduits pour cette destination, à la sortie des fours de grillage, dans des flacons fermés à la cire, pour éviter toute chance d'efflorescence spontanée ultérieure. Tous ces échantillons ont été traités par additions partielles et décantations successives d'une grande quantité d'eau distillée. L'eau de lavage décantée et filtrée a été traitée par l'acide chlorhydrique et le chlorure de barium. Le précipité blanc obtenu a été considéré comme du sulfate de baryte pur.

Deux échantillons n'ont point donné de précipité dosable; pour les quatre autres, le précipité correspondait à une proportion d'acide variant de 0,007 à 0,022. Il est digne de remarque que, pour un échantillon seulement, la première eau de lavage a donné un précipité notable et une quantité appréciable de cuivre; pour les trois autres, on n'a pu dissoudre les sulfates que dans une grande quantité d'eau. En évaporant la liqueur donnée par ces trois minerais, on a obtenu un résidu blanc ou peu coloré, très-adhérent aux vases, et dans lequel la recherche des bases n'indique guère que de la chaux avec de simples traces de magnésie, de fer et de cuivre. La rareté des sulfates de fer et de cuivre, que je m'attendais à trouver dominants, m'a conduit à rechercher si cette circonstance ne pourrait pas être attribuée à ce que la chaux caustique produite par la décomposition du carbonate de chaux des gangues, décomposerait, sous l'influence de l'eau, pendant l'analyse même, les sulfates métalliques aussitôt qu'ils se dissolvent. J'ai également recherché si l'absence totale de sulfates solubles dans deux minerais ne serait pas due à la baryte caustique provenant d'un carbonate naturel mélangé aux gangues. A cet effet, j'ai chauffé les minerais à une température suffisante pour décomposer les sulfates métalliques qui auraient pu exister, puis traité le résidu par l'eau aiguisée d'acide acétique; mais, après cette digestion, la liqueur ne tenait ni chaux, ni baryte. Les minerais tenant des sulfates solubles n'ont donné, dans les mêmes circonstances, aucune quantité appréciable de chaux. On en peut conclure que, dans les conditions du grillage gallois, l'acide sulfurique ne reste pas, en général, combiné

avec les oxydes métalliques; qu'il sature au contraire tous les alcalis terreux caustiques, et qu'en résumé il n'existe point d'acide sulfurique dans les minerais grillés qui, à l'état brut, ne tiennent pas de carbonates terreux.

5. *Sur une nouvelle méthode pour constater, par voie humide, d'une manière sûre et expéditive, la teneur en cuivre des scories et de divers produits du traitement* (§ 4, p. 205).

Voulant donner aux nombreux essais que j'avais à entreprendre sur les scories de toutes les grandes fonderies de l'Europe, plus de précision qu'on ne peut en obtenir par les procédés de la voie sèche, j'ai été conduit à une méthode d'une application facile, même dans les ateliers, et qui ne me paraît rien laisser à désirer sous le rapport de l'exactitude.

Toutefois, avant de m'y arrêter définitivement, j'ai d'abord recherché le procédé le plus propre à déterminer rigoureusement la teneur des scories, afin d'avoir un contrôle assuré de l'exactitude des méthodes expéditives. Ce contrôle direct m'a été fourni par la formule d'analyse suivante, qui s'applique à la plupart des scories qui se produisent en Europe dans les fonderies de minerais de cuivre non mélangés de minerais plombeux.

Attaque de la scorie porphyrisée avec grand soin, dans l'acide chlorhydrique; rapprochement à une douce chaleur de la liqueur acide jusqu'à siccité; reprise de la matière sèche par l'eau aiguisée d'acide chlorhydrique; filtration; précipitation par le gaz sulfide hydrique; filtration et lavage du dépôt avec de l'eau chargée du même gaz; mise en digestion des sulfures filtrés avec le sulfhydrate d'ammo-

niaque ; filtration du sulfure non dissous, avec l'eau chargée de sulfhydrate d'ammoniaque ; dissolution de ce sulfure dans l'acide nitrique pur et filtration pour séparer l'excès de soufre ; grillage de ce soufre et reprise par l'acide nitrique pur du résidu qui contient souvent une trace de cuivre ; évaporation à sec des deux liqueurs nitriques réunies ; longue calcination au rouge très-vif du résidu solide dans un double creuset (1) ; pesage du produit comme oxyde cuivrique pur ; essai de ce produit par l'acide nitrique, par l'acide chlorhydrique, puis par l'ammoniaque.

Cette méthode m'a paru s'appliquer au cas des scories galloises, plus sûrement que toutes celles que j'ai comparativement essayées ; elle fournit à l'état pur la totalité du cuivre contenu. Mais l'exécution de chaque analyse exige un temps considérable, et j'ai bientôt reconnu qu'avec un tel moyen d'action il me serait impossible de mener à sa conclusion le travail que je publie aujourd'hui, sans interrompre pour longtemps les études que j'ai entreprises sur les principales méthodes métallurgiques de cette époque. Après de nombreuses tentatives, j'ai été conduit au procédé suivant qui offre à peu près la même exactitude que le précédent, et qui ne laisse rien à désirer sous le rapport de la rapidité d'exécution. Le principe du procédé consiste à juger de la quantité de cuivre contenue dans une liqueur par l'intensité de la teinte bleue que l'oxyde cuivreux dissous dans l'ammoniaque communique à une quantité d'eau déterminée. Une multitude d'expériences directes m'ont dé-

(1) Je recommande ces précautions faute desquelles l'oxyde cuivrique est partiellement réduit ou retient du sulfate de cuivre.

montré qu'en proportionnant convenablement les quantités d'eau et de cuivre à doser, et en multipliant, autant qu'il est nécessaire, les liqueurs types, prises comme terme de comparaison, on peut obtenir du procédé une exactitude presque indéfinie. Je n'exposerai point ici toutes les dispositions que j'ai employées en divers cas, selon la nature des matières à essayer, et le degré d'exactitude que je voulais obtenir; il suffira de décrire avec détail celles que j'ai adoptées dans le cas particulier des scories des fontes II et VI.

Ayant à doser les quantités absolues de cuivre, qui, pour 1 gramme de scorie, variaient ordinairement de 1 à 60 milligrammes, je me suis contenté de doser le cuivre, à 1/2 milligramme près, dans les scories les plus pauvres, et à 1 milligramme près dans les scories de plus haute teneur. A cet effet, j'ai choisi trois séries de flacons ordinaires, à col étroit, de même diamètre, pouvant se fermer au bouchon, et composés de verres incolores, ou du moins dont la nuance était parfaitement identique. Ces trois séries contiennent respectivement par flacon, sans que celui-ci soit complétement rempli :

1re série. . .	6 flacons	avec 65	centimèt. cubes d'eau.
2e — . . .	10 *id.*	130	*id.*
3e — . . .	10 *id.*	390	*id.*
	26		

Chaque vase, placé sur un plan fixe bien dressé et constamment employé pendant toute la durée des expériences, a été gradué au moyen d'un poids de mercure équivalent à l'un ou à l'autre de ces volumes. Pour mettre plus tard dans le vase le même volume de liqueur bleue, il suffisait,

après l'avoir replacé sur le plan fixe dans la position qu'il occupait précédemment, d'y verser l'eau ou la liqueur jusqu'au trait précédemment marqué à la lime, au niveau de la surface du mercure. Le vase recevait la lumière de telle sorte que l'œil pouvait facilement constater le niveau des surfaces. Je me suis assuré que les erreurs qu'une telle évaluation comporte ne peuvent exercer aucune influence sur le dosage du cuivre. J'ai gradué de cette manière non-seulement les 26 vases destinés à recevoir les liqueurs types, mais encore 10 vases de chaque grandeur destinés à recevoir les liqueurs provenant des essais mêmes.

Pour établir les liqueurs types, j'ai pesé soigneusement des poids déterminés de cuivre pur (du pays d'Orembourg), croissant de la manière suivante :

1° Pour la première série de flacons, 6 doses de cuivre de 0gr.,001 à 0gr.,006 croissant de milligramme en milligramme;

2° Pour la deuxième série, 10 doses de 0gr.,003 à 0gr.,030 croissant de 3 en 3 milligrammes;

3° Pour la troisième série, 10 doses de 0gr.,030 à 0gr.,060 croissant également de 3 en 3 milligr.

Ces 26 doses ont été introduites à l'état métallique dans les 26 flacons, et dissoutes par l'addition de quelques gouttes d'acide nitrique pur. Les flacons ont été ensuite exposés dans une étuve bien close jusqu'à ce que les vapeurs nitreuses eussent disparu; on y a ensuite ajouté un excès d'ammoniaque; après les avoir placés sur le plan fixe servant aux graduations, on les a remplis d'eau distillée jusqu'au niveau désigné par un trait, puis bouchés et cachetés à la cire avec une empreinte rappelant la teneur en cuivre. Les 26 flacons ainsi

préparés offrent des teintes bleues tellement graduées qu'on ne peut hésiter à intercaler entre deux d'entre eux tout flacon de même grandeur, rempli d'une quantité égale de liquide, et tenant une quantité de cuivre inconnue. Dans de telles conditions, la quantité absolue de cuivre contenue entre deux termes de la série se trouve indiquée plus sûrement qu'elle ne le serait au moyen de la balance la plus sensible, chargée des poids correspondants aux deux termes de comparaison. Pour les teneurs de $0^{gr.},002$ à $0^{gr.},005$, on peut apprécier très-facilement, au moyen de la première série, des différences moindres que 1/2 milligramme; pour les teneurs plus élevées, les flacons des deux autres séries permettent d'apprécier aisément des différences inférieures à 1 milligramme. Le laboratoire où j'ai fait tous ces essais était mal éclairé : il ne recevait pas directement la lumière solaire; celle-ci lui était renvoyée fort inégalement, suivant l'époque de la journée et l'état de l'atmosphère, par un mur coloré en jaune. J'ai souvent été gêné dans l'observation par ces conditions défavorables, et j'y ai remédié en disposant, auprès d'une fenêtre, le plan destiné à recevoir les flacons à comparer. Ceux-ci étaient posés sur un carton d'un beau blanc et rangés en ligne à $0^{m},40$ de la fenêtre; un second carton blanc rectangulaire, haut de $0^{m},50$, s'appuyait par l'arête inférieure sur le plan horizontal, à $0^{m},20$ des flacons, et par l'arête supérieure sur la fenêtre même. Dans cette disposition, on mettait parfaitement en relief les nuances des flacons en faisant varier, suivant l'état de la lumière, la distance horizontale et la hauteur de l'œil, de manière à projeter la totalité des flacons, soit sur le plan horizontal, soit sur le plan

incliné adossé à la fenêtre; la pratique de ces sortes d'essais indique, au reste, bientôt les dispositions les plus convenables, et habitue l'œil à apprécier les nuances les plus délicates.

Les liqueurs-types ainsi préparées, une fois pour toutes, on peut procéder à l'essai des diverses scories, ce qui consiste à dissoudre dans l'ammoniaque la totalité du cuivre contenu dans chacune d'elles, à étendre la liqueur selon la quantité de cuivre décelée tout d'abord par les nuances de l'ammoniure, de 65, de 130 ou de 390 centimètres cubes d'eau, puis enfin à comparer le flacon rempli de cette liqueur avec les liqueurs-types de même volume. Pour atteindre ces divers résultats, je me suis arrêté au procédé suivant, où toutes les manipulations préparatoires sont exécutées sans aucun transvasement, et par conséquent sans chance de perte, dans une petite capsule de porcelaine.

Attaque de 1 gramme de scorie porphyrisée, préalablement délayée dans un peu d'eau, par l'acide chlorhydrique ajouté peu à peu, puis par l'acide nitrique; chauffer pendant un quart d'heure la matière prise en gelée liquide; addition d'eau en quantité suffisante pour dissoudre toutes les matières autres que la silice et constater que le dépôt est entièrement blanc; évaporation à une douce chaleur; pulvérisation de la matière presque entièrement séchée dans la capsule d'évaporation, au moyen d'un petit pilon d'agate; reprise de la poudre sèche par l'eau aiguisée d'abord d'acide nitrique, puis d'acide chlorhydrique; addition d'ammoniaque avec agitation constante jusqu'au terme où le vase commence à manifester la réaction alcaline; exposition de la capsule pendant 24 heures dans une étuve chauffée à une douce chaleur; ad-

dition d'une nouvelle dose d'ammoniaque et filtration immédiate dans un entonnoir placé au-dessus d'un flacon gradué dont la grandeur est déterminée par la teinte de la liqueur; lavage rapide à l'eau chaude; remplissage du flacon avec de l'eau; enfin comparaison du flacon ainsi préparé avec la série des flacons types de même grandeur.

Le lavage du précipité obtenu par l'ammoniaque n'offre aucune difficulté : la dissolution cuivreuse peut être complétement séparée de ce précipité avec une dose d'eau toujours inférieure à la moitié du volume du flacon : l'ammoniure de cuivre est enlevé très-aisément par l'eau et j'ai constaté qu'aucune cause d'inexactitude ne pouvait résulter d'un lavage imparfait. Il est toujours indifférent de remplir le flacon avec de l'eau pure directement introduite ou versée préalablement sur le filtre.

Le principal écueil à craindre dans cette manière d'opérer est la porphyrisation insuffisante de la matière d'essai, et par suite la décomposition incomplète de la scorie sous l'influence des acides. L'essai de la poudre porphyrisée, au moyen du frottement entre deux ongles, donne le moyen de constater empiriquement, pour chaque sorte de scorie, le degré de ténuité pour lequel aucun inconvénient de ce genre ne se peut produire. Les scories galloises forment sous ce rapport un excellent sujet d'étude, car elles résistent plus à l'action des acides que toutes celles qui, à ma connaissance, se produisent aujourd'hui dans les autres districts métallurgiques de l'Europe, par la fusion des minerais de cuivre soit sulfurés, soit oxydés. L'influence de la porphyrisation est telle que la poudre de cette scorie, à peu près inattaquable dans l'état où la produit le tamis le plus fin, se

prend immédiatement en gelée sous l'action des acides, quand elle est amenée au degré de ténuité que j'ai constamment donné à mes matières d'essai. En lavant par décantation le résidu insoluble qui se forme après une digestion d'un quart d'heure dans un excès d'acide chlorhydrique aiguisé d'un peu d'acide nitrique, on obtient toujours un produit d'un beau blanc et qui tout au plus prend une légère nuance grise par la calcination.

J'ai d'abord complétement échoué en essayant d'appliquer cette méthode à des scories tenant du manganèse, du cobalt et du nickel; ces oxydes en se dissolvant dans l'ammoniaque font passer au vert ou au violet la nuance propre à l'ammoniure de cuivre, et rendent alors impossible toute comparaison avec les liqueurs types. Ce cas s'est présenté pour certaines scories galloises qui contiennent souvent ces oxydes isolés ou réunis, en proportion plus considérable que le cuivre. On évite cet inconvénient pour la plupart des scories en suivant les détails de manipulation que j'ai indiqués et surtout en retardant l'addition de l'ammoniaque en excès. Lorsque malgré ces précautions la couleur verte ou violette persiste au point de masquer la nuance bleue, on abandonne le flacon ouvert dans une étuve modérément échauffée pendant plusieurs semaines; peu à peu il se dépose au fond du vase quelques flocons gélatineux diversement colorés : dès que la nuance est revenue au bleu on dose le cuivre comme à l'ordinaire; on ne remarque pas dans ce cas que l'addition de quelques gouttes d'ammoniaque donne plus d'intensité à la couleur. Je me suis assuré par des essais directs que dans de tels cas on obtenait

encore la teneur exacte de la scorie. J'ai toujours contrôlé par la première méthode décrite, c'est-à-dire par le dosage direct du cuivre, les résultats obtenus dans tous les cas douteux et imprévus qu'a présentés une si longue série d'essais, et je suis toujours arrivé à une parfaite concordance entre ces deux sortes d'épreuves chimiques.

Les seules opérations un peu longues qu'exige cette nouvelle méthode, sont la porphyrisation de la matière d'essai et l'évaporation de la liqueur acide : mais la première peut être exécutée par un simple ouvrier et la seconde est accomplie d'une manière aussi sûre qu'expéditive dans l'un des appareils d'évaporation précédemment décrits : grâce à ces appareils, le produit de l'attaque de la scorie peut toujours être amené dans l'intervalle d'une nuit, sans aucune intervention de l'opérateur à la consistance sèche convenable pour subir l'action du pilon. En conduisant simultanément ces essais sur des séries de cinq ou de dix scories je suis parvenu à ne consacrer moyennement à chaque essai que le temps indiqué ci-après :

Choix et premier cassage de la matière d'essai . .	0h10′
Dessiccation et pesage de la matière d'essai porphyrisée.	0 10
Attaque par l'acide ; disposition de l'appareil évaporatoire.	0 15
Dessiccation complète et pulvérisation du résidu solide.	0 25
Reprise par l'eau acidulée ; saturation par l'ammoniaque.	0 11
Sursaturation par l'ammoniaque ; filtration ; lavage ; emplissage du flacon.	0 15
Dosage du cuivre.	0 04
	1 30

La dépense de temps serait encore réduite d'un tiers dans une série de jours exclusivement consacrés à ce travail : un chimiste aidé de trois ouvriers pour les scories galloises, qui sont très-difficiles à pulvériser, de deux ouvriers seulement pour la plupart des autres scories, pourrait faire aisément 60 essais par semaine. La voie sèche ne donnerait pas de résultats plus expéditifs. Depuis 1842, j'ai pu faire, sans interrompre mes autres travaux, plus de 700 essais de ce genre, sur les scories et les produits cuivreux des principales fonderies de l'Europe.

J'ai fait usage de la même méthode d'analyse dans une série de recherches qui avaient pour but de constater les pertes de cuivre dues à la suspension mécanique de l'oxyde cuivrique dans les gaz sortant des cheminées. Je n'ai point rendu compte de ces travaux dans le cours de cet ouvrage, parce qu'il ne m'a point été possible de réunir tous les éléments nécessaires à la solution de la question que j'avais en vue. J'ai pu néanmoins constater que toutes les cheminées de fours gallois livrent passage à des matières pulvérulentes qui toutes contiennent du cuivre. Ces matières peuvent se recueillir à la partie supérieure des plus hautes cheminées et sur les toits au travers desquels ces cheminées débouchent. Elles sont fort riches dans les fourneaux de rôtissage et d'affinage; elles ont même une teneur notable dans les cheminées des fours où se grillent les plus pauvres minerais. J'ai même eu l'occasion de constater l'entraînement de ces poussières cuivreuses dans des circonstances où l'on n'aurait guère soupçonné que cette cause de perte pût subsister. Le propriétaire d'une fonderie galloise désirant condenser l'acide sulfureux

des fours de grillage, au lieu de le rejeter dans l'atmosphère, fut amené par la disposition de ses ateliers à conduire le gaz du grillage, par de larges canaux horizontaux : ces gaz n'arrivaient à l'appareil de condensation qu'après avoir parcouru dans ces canaux une distance de 100 mètres, avec la très-faible vitesse de $0^m,70$ par seconde. Cependant, à une si grande distance des fours, l'appareil de condensation composé essentiellement d'une sorte de pluie artificielle déterminait le dépôt d'une quantité considérable de poussières qui tenaient 3 $\frac{0}{0}$ environ de cuivre métallique, et dont l'analyse approximative a donné :

Oxyde cuivrique.	0,035	1,000
Oxyde ferrique.	0,220	
Silice, alumine, chaux et magnésie. .	0,555	
Acide arsénieux, poussière de carbone.	0,190	

6. *Recherche simultanée du soufre et du cuivre dans les scories de la fonte II* (§ 4, p. 212 et 213).

Le but spécial de ces recherches était de constater la nature de la combinaison dans laquelle le cuivre se trouve engagé.

Le cuivre a toujours été dosé directement par la première méthode décrite à l'article précédent.

J'ai d'abord employé pour doser le soufre le procédé suivant : attaque prolongée de 1 gr. de scorie porphyrisée dans l'eau régale; addition d'un peu de potasse à l'alcool, la liqueur restant très-acide; évaporation à une douce chaleur et pulvérisation du résidu desséché; reprise par l'eau aiguisée d'acide chlorhydrique, puis par l'eau pure en très-grande dose; filtration, puis dosage

de l'acide sulfurique contenu dans la liqueur, par le chlorure de barium, ainsi qu'il est indiqué à l'art. 1er. L'évaporation à sec avait pour but de rendre la silice insoluble et de prévenir la formation d'un silicate de baryte insoluble mélangé mécaniquement au sulfate de baryte; l'addition de la potasse avait pour objet de prévenir toute chance d'expulsion de l'acide sulfurique pendant l'évaporation à sec.

L'expérience a prouvé que cette double précaution était complétement inutile; que l'acide sulfurique était suffisamment retenu pendant l'évaporation par les bases métalliques; que cette évaporation elle-même était également inutile, parce que le sulfate de baryte dosé dans une liqueur acide non évaporée, avec les précautions indiquées à l'art. 1er, ne retient jamais aucune trace de silice.

7. *Sur l'analyse des mattes de cuivre* (§ 4, p. 219).

Toutes les mattes provenant du traitement des minerais de cuivre proprement dits sont essentiellement composées, dans les fonderies galloises comme dans celles du continent, de cuivre, de fer et de soufre. Dans le pays de Galles, elles tiennent en outre ordinairement de l'arsenic, de l'étain, du nickel, du cobalt et du manganèse. Les mattes-régules, les fonds cuivreux, les cuivres bruts et même les cuivres marchands contiennent au moins des traces de ces mêmes substances; en sorte que la même méthode d'analyse, sauf les nuances dérivant de la rareté ou de l'absence de certains principes, est applicable à tous ces produits cuivreux. De tous les principes non essentiels, nui-

sibles même à la constitution des mattes galloises, l'arsenic et l'étain sont les plus fréquents : ce sont ceux aussi dont il importe le plus de constater la présence avec exactitude. N'ayant trouvé dans les ouvrages publiés jusqu'à ce jour aucun procédé applicable à la séparation et au dosage exact de ces matières, j'ai fait de nombreux essais pour résoudre cette difficulté de chimie analytique. Je crois y être parvenu, nonobstant la complication résultant de la présence des autres principes précédemment énumérés, par le procédé suivant.

Après avoir dosé le soufre par le procédé indiqué à l'art. 1er, on procède ainsi qu'il suit à l'analyse complète.

L'attaque de 1 gr. de matière par l'acide nitrique concentré produit un dépôt blanc pulvérulent composé de beaucoup d'oxyde d'étain, d'une trace des autres oxydes métalliques, et d'arsenic combiné à l'état d'arsénite ou d'arséniate avec ces oxydes; ce dépôt, plus ou moins mélangé de flocons de soufre, est séparé par filtration de la liqueur préalablement étendue d'eau. On chasse aisément ce soufre par la combustion à l'air, et on pèse ensuite le résidu pulvérulent que j'appellerai (*a*).

La liqueur nitrique contient tous les métaux, une trace d'oxyde d'étain et de l'arsenic à l'état d'acides arsénieux et arsénique. On l'évapore presque à siccité, à une douce chaleur, avec additions répétées d'acide chlorhydrique; puis la liqueur ne contenant plus que l'excès d'acide chlorhydrique qui suffit pour tenir toutes les matières en dissolution, on traite la liqueur étendue d'eau par le gaz sulfide hydrique; on obtient ensuite par la filtration une liqueur (*b*) qui contient

le fer, le nickel, le cobalt et le manganèse, un dépôt (*c*) composé de soufre et de sulfures de cuivre, d'étain et d'arsenic.

La liqueur (*b*), ordinairement fort étendue, est réduite par l'évaporation à un volume proportionné à la quantité présumée de métaux tenus en dissolution: on la filtre pour séparer le soufre qui s'est déposé pendant l'expulsion du gaz sulfide hydrique, puis on la fait bouillir avec l'acide nitrique pour amener le fer à l'état d'oxyde ferrique. On précipite cet oxyde par le carbonate d'ammoniaque ajouté goutte à goutte, en laissant dans la dissolution les oxydes de nickel, de cobalt et de manganèse. Dans la liqueur séparée par filtration de l'oxyde ferrique, on précipite ces trois métaux par l'hydrosulfate d'ammoniaque. Les trois sulfures, recueillis sur un filtre, sont ensuite dissous dans l'acide nitrique pur; les trois nitrates mélangés de sulfates, séparés par filtration de l'essai de soufre, sont évaporés, desséchés puis calcinés à une haute température; le produit de la calcination est un mélange des trois oxydes.

Ordinairement ces oxydes entrent dans les produits cuivreux en proportion trop faible pour qu'il y ait utilité à les séparer l'un de l'autre : on apprécie très-nettement la présence de chacun d'eux, contenu pour 1/5 seulement dans le mélange, savoir: pour le nickel, par la couleur verte très-intense que prend une goutte d'acide chlorhydrique ajoutée au mélange des oxydes; pour le cobalt et le manganèse, par les réactions exercées au chalumeau sur le borax et sur le carbonate de soude.

Le dépôt (*c*) des sulfures est mis en digestion avec l'hydrosulfate d'ammoniaque concentré qui dissout les sulfures d'arsenic et d'étain; la liqueur

(*e*) séparée par filtration laisse le sulfure de cuivre à l'état de pureté, mélangé seulement d'un excès de soufre. Ce mélange est traité par l'acide nitrique pur; la liqueur obtenue après avoir été séparée du dépôt de soufre est évaporée à sec; le mélange de nitrate et de sulfate de cuivre produits par l'évaporation est calciné à une très-haute température avec les précautions indiquées à l'art. 5; on pèse enfin l'oxyde cuivrique produit par cette calcination.

La liqueur (*e*) est neutralisée par l'acide chlorhydrique en quantité strictement suffisante pour décomposer le sulfhydrate d'ammoniaque. Il se dépose un mélange de soufre et des sulfures d'arsenic et d'étain : on s'assure par l'évaporation à sec que la liqueur séparée de ce dépôt par filtration ne tient plus que du chlorhydrate d'ammoniaque. Le dépôt du soufre et des sulfures est traité par l'acide nitrique concentré qui précipite la trace d'étain que retenait la liqueur (*b*), à l'état d'oxyde combiné avec une trace d'acide arsénique ou arsénieux; le résidu laissé par l'acide retient en outre du soufre pulvérulent; séparé de la liqueur (*f*) par filtration et du soufre par grillage, il se réduit à une trace de matière grisâtre que j'appellerai (*g*).

La liqueur (*f*), qui ne contient que de l'arsenic en dissolution à l'état d'acide arsénique ou arsénieux, est rapprochée presque à siccité; on y ajoute une quantité de fer métallique très-pur proportionnée à la quantité présumée d'arsenic (par exemple 3 à 4 parties de fer pour 1 d'arsenic), puis on fait bouillir le tout avec de l'eau régale. On traite ensuite la liqueur par un excès d'ammoniaque. On dose comme de l'acide arsénique l'ex-

cédant de poids que présente le précipité sur l'oxyde ferrique équivalent au fer ajouté.

Pour terminer l'analyse, il ne reste plus qu'à déterminer la composition des matières pulvérulentes (*a*) et (*g*) que l'on réunit après les avoir soigneusement pesées. Elles se composent, comme on l'a dit, d'oxyde d'étain dominant, d'une trace des autres oxydes et d'une certaine quantité d'acide arsénique et arsénieux combinés à ces oxydes. La matière est placée dans un creuset brasqué, et chauffée à la température d'un essai de fer; elle se transforme en un culot métallique demi-malléable, presque entièrement formé d'étain allié à l'arsenic et aux autres métaux. La perte de poids indique l'oxygène qui était contenu dans le mélange, car sous l'influence de l'excès d'étain, l'arsenic n'a pu se gazéifier.

Le culot est dissous dans l'acide chlorhydrique qui expulse complétement l'arsenic à l'état d'arséniure d'hydrogène mélangé à un grand excès d'hydrogène : la combustion de ce gaz révèle aisément la présence de l'arsenic. Dans la liqueur acide on fait passer un courant de gaz sulfide hydrique qui précipite le sulfure d'étain : celui-ci est ordinairement exempt de cuivre; la présence ou l'absence de ce métal se révèlent, au reste, aisément par la couleur du précipité. On dose l'étain à l'état d'acide stannique en traitant le sulfure par l'acide nitrique pur. Quant à la liqueur saturée de gaz sulfide hydrique, on y recherche les traces de métaux qu'elle peut renfermer en la saturant par l'ammoniaque et en y ajoutant une goute de sulfhydrate d'ammoniaque. Les sulfures précipités sont ensuite transformés en oxydes ainsi qu'il a été déjà dit: ordinairement on ne trouve après cette manipu-

lation qu'une trace d'oxyde ferrique. La différence entre le poids du culot provenant du creuset brasqué et celui des métaux directement dosés donne la quantité d'arsenic combiné à ces derniers.

8. *Sur l'analyse des cuivres bruts impurs et des fonds cuivreux* (§ 6, p. 431).

La méthode d'analyse est un cas particulier de celle qui est décrite à l'art. 7. Le dosage du soufre y est ordinairement plus simple, parce que ce corps se dissout en totalité dans l'eau régale.

9. *Sur l'analyse de l'alliage stanneux de la fonte VI* (§ 8, p. 453).

C'est surtout à ce produit que doit être appliquée la méthode exposée à l'art. 7, ayant pour objet de séparer l'étain de l'arsenic : le dépôt produit lorsqu'on attaque l'alliage stanneux par l'acide nitrique et très-considérable, et il serait inexact de le considérer comme de l'acide stannique pur. Dans l'analyse de la plupart des autres produits cuivreux, au contraire, ce dépôt est ordinairement très-faible, et il est alors inutile de le soumettre à un examen ultérieur.

10. *Sur la proportion relative des minerais fondus et des scories rejetées dans les fonderies galloises* (§ 13, p. 507).

J'ai déterminé approximativement cette proportion par deux méthodes d'évaluation, et j'ai pris la moyenne entre les deux séries de résultats obtenus par chacune d'elle.

Par la première méthode, j'ai directement comparé le poids des scories produites dans la fonte II avec celui des minerais passés dans cette

fonte et de la matte bronze obtenue. La pesée directe des scories présentant de trop grandes difficultés au milieu d'un atelier en activité, je me suis borné à relever pendant une semaine le volume de tous les pains parallélipipédiques de scories produits par un seul four. D'un autre côté, les recherches dont les résultats sont présentés § 4, p. 215, m'ayant démontré que la densité moyenne de pains de scories est 2,50, j'ai pu déduire de cette double estimation le poids des scories produites dans le four observé, par la fonte d'une quantité déterminée de minerais et de fondants. Des recherches semblables, dont il serait trop long de donner ici le détail, ont également permis, d'une part, d'évaluer le poids des scories de la fonte VI, seule opération qui, avec la fonte II, donne des scories à rejeter; de l'autre, de comparer ce poids avec celui des minerais fondus soit dans la fonte II, soit dans l'ensemble de la fonderie.

Dans la deuxième méthode d'évaluation, j'ai cherché à évaluer directement le volume de scories rejetées sur les haldes pendant une époque déterminée pour laquelle on pouvait aussi constater directement le poids total des minerais traités dans la fonderie. J'ai profité, pour ce genre de recherches, de plusieurs circonstances dans lesquelles le cubage des scories présentait des garanties particulières d'exactitude : dans tous les cas j'ai déterminé directement le poids moyen du mètre cube de scories rejetées en pesant directement de petits tas d'un volume déterminé formés au hasard avec les matières des haldes.

Ces deux séries d'évaluations, en révélant les résultats moyens indiqués ci-après, ont été le point de départ des calculs qui font l'objet du § 13.

Poids des minerais bruts traités dans la fonderie.			**1,00**
***Idem* des minerais bruts et grillés passés à la fonte II.**			**0,82**
***Idem* des scories rejetées de la fonte II.**	**0,66**		**0,78**
***Idem idem* rejetées de la fonte VI.**	**0,12**		

	Scor. II.	Scor. VI.
Densité des fragments de scories, plus ou moins remplis de vides.	**2,40**	**3,90**
Densité absolue constatée par la méthode du petit flacon sur la scorie pulvérisée.	**3,21**	**4,04**
Poids du mètre cube des scories II et VI mélangées et concassées comme elles le sont sur les baldes.		**1440kil.**

§ 17. *Description du matériel de fabrication d'une fonderie galloise et explication des planches jointes à cet ouvrage.*

Disposition générale d'une fonderie.

La description qui vient d'être faite de la méthode galloise s'applique à une entreprise, à une sorte de fonderie-type, dans laquelle on produirait annuellement 6.250 tonnes de cuivre en élaborant 47.000 tonnes de minerais. Mais la plupart des fonderies ont été construites à une époque où la concurrence entre les fondeurs était plus active qu'elle ne l'est aujourd'hui. Les compagnies actuelles possèdent donc ordinairement plusieurs établissements qui ont été réunis après la chute des compagnies rivales. Il n'existe dans le pays de Galles qu'un petit nombre de fonderies disposées pour produire une si grande quantité de cuivre : j'admettrai que la fonderie-type dont il est question dans cet ouvrage se compose en réalité de deux établissements identiques, régis par la même administration et dans chacun desquels on fabriquerait annuellement 3.125 tonnes de cuivre. Je me bornerai à décrire ici le matériel de fabrication nécessaire pour une telle pro-

duction, avec d'autant plus de convenance que c'est à peu près la consistance moyenne d'une fonderie galloise, et la limite supérieure de l'importance qui pourrait être donnée aux fonderies à établir sur le continent. Une fonderie de médiocre grandeur produisant annuellement 3.125 tonnes de cuivre élabore ou consomme chaque année 23.500 tonnes de minerais; 38.000 tonnes de combustible; 2.000 tonnes de fondants; 3.000 tonnes de briques et de matériaux de construction: il faut, en quelque sorte, y faire osciller d'un atelier à l'autre 47.000 tonnes de produits cuivreux intermédiaires, mattes brutes et grillées, mattes-régules, fonds cuivreux, cuivres bruts, scories riches, etc.; on doit enfin y transporter, du centre des ateliers aux haldes de dépôt, 18.000 tonnes de scories pauvres, et 3.000 tonnes de mâchefer et de débris de fourneaux. Tous les transports intérieurs qui s'appliquent comme on voit à 135.000 tonnes par année, soit à 2.600 tonnes par semaine, doivent s'effectuer dans des ateliers où les appareils sont très-rapprochés l'un de l'autre, à des distances peu considérables, ce qui, pour les trois quarts au moins des matières à transporter, implique l'emploi de brouettes poussées à bras d'homme. Les transports effectués dans de telles conditions donnent lieu, on le conçoit aisément, à des frais considérables. Les constructeurs de fonderies s'appliquent donc à réduire ces frais autant que possible par une judicieuse disposition des fourneaux, des ateliers, et des places de dépôt.

Les fonderies de la rivière de Swansea (*Pl. III, fig.* 4, 5 et 6), auxquelles cette description s'applique plus spécialement, se développent ordinairement en longs paliers, *bb*, *cc*, *dd*, *ee*, *ff*,

parallèles aux deux voies navigables qui les alimentent; elles s'échelonnent par étages ou gradins entre ces deux voies, depuis le niveau des plus hautes eaux de la rivière jusqu'au niveau du canal. Le combustible amené, pour la majeure partie, par le canal, parcourt les gradins de haut en bas; les minerais amenés tous par la rivière, et les produits cuivreux intermédiaires, obtenus dans la succession des dix opérations, se meuvent, en sens inverse, de bas en haut. En plaçant les ateliers de première élaboration sur les paliers les plus voisins de la rivière, et ceux des dernières élaborations sur les paliers les plus élevés ou les plus voisins du canal, on réalise évidemment la disposition la plus favorable aux transports intérieurs : on fait dans ce cas parcourir la moindre distance possible, soit aux matières stériles qui se résolvent près de la rivière en gaz ou en scories, soit aux principaux produits cuivreux qui, exempts d'oscillations en sens opposés, cheminent régulièrement, et de proche en proche, dans leurs élaborations successives, depuis les premiers fours de grillage ou de fusion jusqu'aux fours d'affinage, où ils sont convertis en cuivre marchand.

Les fours, servant aux dix opérations de la méthode galloise, sont indiqués (*Pl. III*, *fig.* 4) par les numéros 1 à 10, correspondant aux numéros d'ordre donnés dans le cours de cet ouvrage, et particulièrement, § 2, p. 99, à ces dix opérations.

Les ateliers se trouvent disposés comme l'indique la *Pl. III*, dans la fonderie-type, prise pour base de cette description. Tous les minerais sont amenés par la rivière *aa*; on les débarque sur le quai *b b*, puis on les dépose en tas séparés dans la

cour *cc*. Les minerais (de 1re et de 2e classe) destinés au grillage sont repris en *cc* au fur et à mesure des besoins pour être élevés au niveau des fours de grillage. Ceux-ci (*Pl. III*, *fig.* 4, n° 1) sont disposés en ligne droite sur le bord du palier *dd* : ils sont munis chacun de deux trémies (*Pl. I*, *fig.* 2) établies au-dessus de la voûte et fermant à coulisse à leur partie inférieure. Ces trémies sont assez grandes pour recevoir une charge entière, que l'on fait tomber sur la sole dès que la charge précédente est élaborée et retirée. Un plan incliné *h h*, placé dans l'axe principal de l'usine, correspondant au milieu du palier de dépôt et de la ligne des fours, raccorde le niveau de ce palier avec celui d'un chemin de roulage *kk* correspondant aux orifices des trémies. Sur le plan incliné, muni de deux lignes de rails, se meuvent chacun sur deux paires de roues d'inégal diamètre, deux plateaux horizontaux dont l'un monte chargé de quatre brouettes pleines de minerai, tandis que l'autre redescend avec un pareil nombre de brouettes vides. Aux deux extrémités de la course, chacun de ces plateaux se raccorde exactement, soit avec le sol du dépôt de minerai, soit avec le chemin de roulage desservant les trémies. Les rouleurs, placés à ces deux niveaux, peuvent donc immédiatement, après l'arrivée des plateaux, enlever au niveau supérieur les brouettes pleines pour les remplacer par des brouettes vides, et faire le contraire au niveau inférieur. Les deux plateaux reçoivent ce mouvement alternatif inverse d'un treuil sur lequel deux câbles liés aux plateaux sont enroulés en sens opposé.

Ce treuil est établi sur le même axe que deux roues égales à engrenage conique, dont chacune

prise isolément est folle sur cet axe, mais peut être embrayée avec le treuil au moyen d'un manchon mobile. Une troisième roue à engrenage conique est placée entre les deux premières; elle engrène constamment avec elles, et les fait par conséquent tourner en sens inverse : elle reçoit elle-même un mouvement de rotation continu, toujours dirigé dans le même sens, d'une petite machine à vapeur. Au moyen de cet appareil le machiniste qui règle le service du plan incliné fait tourner le treuil à volonté dans l'un ou dans l'autre sens, en embrayant ce treuil avec l'une ou l'autre des deux roues montées sur le même axe. Cette manœuvre s'exécute de la manière la plus simple, au moyen d'un levier. Le machiniste n'a du reste à intervenir que pour mettre les plateaux en mouvement; car un système de leviers mis en jeu lors de l'arrivée des plateaux aux extrémités de leur course, plaçant le manchon mobile dans une situation intermédiaire, et laissant les deux roues folles sur l'axe du treuil, interrompt toute communication entre la source du mouvement et le treuil, lequel s'arrête aussitôt, au moment convenable.

On introduit ainsi dans l'intérieur de la fonderie non-seulement les minerais de 1re et de 2e classe qui doivent être grillés dans l'opération Ire, mais encore les minerais de 3e, 4e et 5e classe fondus à l'état brut dans les opérations II, IV et VI. Ces derniers sont immédiatement jetés du haut du chemin de roulage établi au niveau des trémies des fours de grillage, dans les dépôts *ii* placés entre les fours de grillage, au niveau ou un peu en contre-bas du sol de la fonderie. Ces mêmes dépôts reçoivent, dans des compartiments séparés, les minerais grillés. Tous ces minerais y

sont repris, au fur et à mesure des besoins, par les fondeurs préposés aux opérations II, IV et VI. Les minerais très-riches (6ᵉ classe) passés en petite quantité dans l'opération IX, les battitures et autres matières riches passées dans la fonte IV sont directement repris dans les dépôts où ces matières sont d'abord reçues.

Les briques, les argiles, les fers et autres matériaux qui arrivent à l'usine par voie de mer, sont directement transportés aux magasins et aux ateliers par les rampes qui raccordent les deux niveaux du quai et de la fonderie.

Les combustibles qui ne sont point directement transportés de la mine à la fonderie par charretage sont amenés par un canal *ll* situé au-dessus du niveau de la fonderie (*Pl. III*, *fig.* 4 et 6). Souvent les bateaux du canal sont introduits dans l'enceinte de la fonderie dans une petite gare *mm* : là, leur contenu est jeté à la pelle sur des brouettes placées sur le palier supérieur *ff* de la fonderie; ces brouettes sont ensuite descendues au niveau du sol de la fonderie, à proximité des fourneaux, au moyen des rampes *gg*.

Les nombreux produits intermédiaires auxquels donne lieu le traitement métallurgique se transportent au niveau de la fonderie, soit dans des brouettes, soit dans des bâches portées sur la tête et contenant un quintal anglais (50ᵏⁱˡ,8). La quantité de travail qu'exigent ces transports est rigoureusement définie par les tableaux (§ 13), où se trouvent indiquées la quantité absolue et la destination de ces divers produits; par le plan (*Pl. III*, *fig.* 4) où sont marquées les distances séparant les divers fourneaux, c'est-à-dire les points de départ et de destination; enfin par le tableau synoptique

(*Pl. III*, *fig.* 7), qui résume tous les détails du mouvement intérieur de la fonderie.

Les produits définitifs sont transportés, savoir : le cuivre aux magasins *n n* et aux laminoirs *o o*, ordinairement placés près de la rivière par laquelle s'expédie le cuivre en lingots ou en feuilles; les scories à rejeter et le craya, sur d'immenses haldes *p p* qui se développent ordinairement en longs tas parallèles à la rivière. Pour épargner autant que possible le terrain improductivement absorbé par le dépôt de ces matières, on les accumule parfois jusqu'à une hauteur de 30 mètres (*Pl. III*, *fig.* 6). Les matières sont élevées à ce niveau au moyen d'une petite machine à vapeur *q*, d'un treuil *r* et d'un plan incliné *s s* disposé comme ceux qui servent à élever les minerais.

Avant de rejeter définitivement les scories, on les dépose dans la cour *t t* à proximité des haldes, pour en faire l'examen et le triage.

Détails spéciaux sur les fourneaux employés dans les dix opérations.

Ces considérations générales paraissent suffire pour l'intelligence des détails consignés sur les *Planches I*, *II* et *III*. Le lecteur y remarquera surtout les particularités suivantes concernant le matériel propre à chacune des dix opérations.

I. Grillage des minerais.

Pl. III, *fig.* 4, n° 1. Disposition générale des dix fourneaux de grillage, avec leur rampant commun et leur cheminée.

Pl. I, *fig.* 1, 2 et 3. Détails d'un fourneau de grillage.

a a, barreaux de la chauffe servant de support au craya.

b b, craya solide (*Voir* § 3, p. 118) remplissant dans la chauffe le rôle de grille.

c c, craya au contact du combustible ; en partie ramolli par l'action de la chaleur ; ramifié

en tubes, au travers desquels l'air pénètre dans le foyer.

d d, combustible pulvérulent en ignition remplissant la partie supérieure de la chauffe, soutenu par le craya.

e e, gaz combustible entièrement exempt d'oxygène atmosphérique, provenant de la gazéification du combustible solide chargé dans la chauffe.

f f, nappe mince de flamme à la limite commune du gaz combustible *e e*, *g g* et du gaz oxydant *h h*.

g g, mélange du gaz combustible *e e*, affluant incessamment de la chauffe, et des gaz brûlés *i i* qui se forment dans la nappe de flamme *f f* et s'élèvent en vertu de leur température plus élevée que celle de *e e*, au contact de la voûte du four.

h h, air atmosphérique admis par les portes de travail et par le registre *v v*; cet air plus ou moins chargé d'acides sulfureux et sulfurique, détermine à la fois le grillage du minerai *k k* et la combustion du gaz *egg* dans la région *f f*.

i i, gaz brûlés mélangés d'un peu de gaz combustible *e e* et des acides du soufre. Ils occupent près des rampants de sortie *p p* presque toute la hauteur du four.

k k, minerai en élaboration sur la sole du fourneau.

l l, trémies recevant la charge de minerai : le contenu tombe sur la sole du fourneau lorsqu'on ouvre les registres α α manœuvrés par des leviers coudés β β placés sous la main de l'ouvrier. Souvent l'ouvrier ouvre simplement ces registres en montant sur la voûte du fourneau.

m m, chemin de roulage en bois établi au-dessus du niveau des trémies : on y transporte à la brouette les minerais (1re et 2e classe) destinés à l'emplissage de ces trémies, ainsi que les minerais (3e, 4e et 5e classe) qui doivent être passés bruts dans les fontes II, IV et VI

n n, sole vue après l'enlèvement de la charge grillée.

o o, pont placé entre la sole et le foyer.

p p, deux rampants situés à l'extrémité du fourneau, par lesquels sort le gaz brûlé *i i*.

p' p', rampant horizontal mettant en communication les deux rampants *p p* avec le rampant unique incliné *p" p"*.

p" p", rampant incliné aboutissant au rampant général *q q*.

q q, rampant horizontal conduisant le gaz de cinq fourneaux dans une cheminée commune.

r r, quatre portes de travail, fermées pendant la plus grande partie de l'opération au moyen de plaques de fonte *s s*, ajustées très-exactement dans un cadre en fonte à feuillures. Chaque plaque est percée d'un trou rond ayant $0^{m},015$ de diamètre.

t t, quatre conduits verticaux fermés pendant le travail par des plaques de fonte : ils communiquent avec le réservoir *u u* et servent à y faire tomber le minerai grillé.

u u, réservoir où tombe le minerai grillé.

v v, registre servant à l'admission d'une certaine quantité d'air froid dans la région oxydante *h h*.

x x, porte de chauffe où se fait le chargement du combustible; elle se ferme naturellement par l'accumulation du combustible pulvérulent.

y y, cendrier où s'accumulent les débris de craya et les escarbilles de combustible qui traversent le foyer.

Pl. I, fig. 4. Coupe verticale de la cheminée commune aux dix fours de grillage; relations de cette cheminée avec le rampant général et les rampants partiels.

Pl. I, fig. 5. Disposition générale des piliers et des voûtes qui supportent le rampant général des fours de grillage; portes mettant en communication les deux ateliers ou se font le grillage I et la fonte II.

II. Fonte pour matte bronze.

Pl. III, fig. 4, *n*° 2. Disposition générale des seize fourneaux de fusion consacrés à cette opération.

Pl. II, fig. 1, 2, 3, 4 et 5. Détails d'un fourneau de fusion.

a a, barreaux ou supports du craya.

b b, craya solide remplissant dans la chauffe le rôle de grille.

c c, craya au contact du combustible, en partie ramolli par l'action de la chaleur : deux sortes d'orifices sont pratiqués dans cette matte pâteuse : les uns de grande dimension *d d* servent à l'admission de l'air atmosphérique *g g*; les autres beaucoup plus nombreux *e e* servent à admettre l'air nécessaire à la transformation du combustible pulvérulent en gaz combustible *h h*.

f f, flamme très-vive résultant de la réaction mutuelle des deux gaz appelés incessamment dans la chauffe : l'air *g g* et le gaz combustible *h h*. Cette flamme remplit la totalité de l'espace compris entre la voûte du fourneau et la charge étendue sur la sole.

i i, trémie recevant la partie pulvérulente de chaque charge : celle-ci tombe sur la sole dès que le fondeur ouvre le registre inférieur *k k*. Les ouvriers remplissent cette trémie en montant sur le four au moyen d'une petite échelle.

l l, rampant conduisant la flamme dans la cheminée.

m m, cheminée de tirage.

n n, partie de la sole qui, au moment de la coulée, n'est recouverte que de scorie; elle présente dans toutes ses parties une pente générale vers le récipient *o o*.

o o, récipient intérieur où se rassemble, à la fin de chaque fonte, la totalité de la matte : celle-ci est recouverte par les scories. Le fondeur n'enfonce jamais le râble dans cette partie du fourneau lorsqu'il tire les scories

par la porte de travail, afin de ne point entraîner des grenailles de matte.

p p, porte unique servant au travail et à l'introduction des matières (scories) chargées dans le fourneau en gros fragments.

q q, cadre en fonte rempli de briques réfractaires, manœuvré au moyen d'une chaîne et d'un levier, servant à fermer la porte *p p*. Ce cadre s'applique simplement contre la paroi du four, mais il y est luté soigneusement avec de l'argile.

1, 2, 3, 4, bassins en sable où se moulent et se refroidissent les scories tirées au râble par la porte *p p*; ils s'emplissent suivant l'ordre des numéros : les grenailles de matte entraînées mécaniquement avec la scorie restent pour la plupart dans le bassin n° 1.

r r, sorte de gouttière en fonte de laquelle la matte se déverse dans le réservoir plein d'eau où elle se granule : on fait couler la matte en perçant avec un ringard pointu une masse de sable argileux *s* accumulée entre cette gouttière et les parois d'une embrasure conique *t t*.

u u, cylindre en tôle placé dans une cavité cylindrique remplie d'eau : la matte en grenailles s'accumule au fond de ce cylindre.

v v, tuyau amenant l'eau dans le cylindre *u u*.

x x, tuyau donnant au besoin issue à l'eau amenée par le tuyau *v v*.

y y, grue servant à élever au niveau du sol de la fonderie le cylindre *u u* et son contenu.

z z, embrasure ou porte servant au chargement du foyer : elle n'a point de battant et se ferme simplement au moyen du combustible pulvérulent qu'on y accumule à cet effet.

w, fragments de craya avec escarbilles de combustible accumulés au fond du cendrier.

III. Grillage de la matte bronze

Pl. III, fig. 4, *n°* 3. Disposition générale des huit fourneaux servant au grillage de la matte bronze.

Le fourneau est entièrement disposé comme celui qui sert au grillage des minerais (*Pl. I*, *fig.* 1 à 5).

IV. Fonte pour matte blanche ordinaire.

Pl. III, fig. 4, *n°* 4. Disposition générale des cinq fourneaux servant à la fabrication de la matte blanche ordinaire.

Le fourneau dans ses parties essentielles est disposé comme le fourneau à matte bronze (*Pl. II*, *fig.* 1 à 5); il a comme ce dernier une trémie et une seule porte située à l'extrémité du grand axe. Seulement on fait couler simultanément la matte et la scorie par l'embrasure *t t*, en perçant la digue *s*; ces deux matières, au lieu d'être coulées dans l'eau, sont reçues dans une longue rigole de sable disposée comme il est indiqué pour le four de rôtissage (*Pl. I*, *fig.* 6). Le craya est disposé dans ce four, de même que dans tous les fours suivants, de la même manière que dans celui où s'exécute la IIe opération (*Pl. II, fig.* 2).

V. Fonte pour matte bleue.

Pl. III, fig. 4, *n°* 5. Disposition générale de deux fours servant à la fabrication de la matte bleue.

Le fourneau est entièrement disposé comme celui qui sert à la IVe opération.

VI. Refonte des scories riches pour matte blanche ou rouge.

Pl. III, fig. 4, *n°* 6. Disposition générale des deux fours employés pour la refonte des scories.

Pl. II, *fig.* 6, 7 et 8. Détails du fourneau employé pour la refonte des scories riches.

Le fourneau est disposé dans ses principales

parties, comme ceux des opérations IV et V. Il en diffère en ce qu'il n'a pas de trémie; celle-ci ne peut plus servir en effet pour des matières chargées en gros fragments : elle est remplacée par une porte latérale *a a* au moyen de laquelle on charge la partie de la sole la plus rapprochée du pont. La portion de la charge étendue sur la partie de la sole la plus éloignée du pont est introduite au moyen de la porte située à l'extrémité du grand axe.

La rigole de coulée reçoit à la fois les fonds cuivreux, l'alliage stanneux, les mattes et les scories qui s'y superposent dans l'ordre de leurs densités.

VII. Rôtissage pour matte blanche (extra).

Pl. III, *fig.* 4, *n°* 7. Disposition générale du fourneau de rôtissage pour matte blanche.

Le fourneau est disposé comme celui qui sert à l'opération VI : il n'en diffère que par un registre placé sur l'un des côtés du grand pont et servant à l'admission de l'air atmosphérique. La disposition et les dimensions de ce registre sont exactement les mêmes que dans le grand fourneau de rôtissage servant à l'opération IX (*Pl. I*, *fig.* 6, 7 et 8).

VIII. Rôtissage pour matte-régule.

Pl. III, *fig.* 4, n° 8. Disposition générale du fourneau de rôtissage pour matte-régule.

Ce fourneau est identique avec celui qui est employé dans la VIIe opération.

IX. Rôtissage de la matte blanche ordinaire, des mattes-régules et des fonds cuivreux.

Pl. III, *fig.* 4, n° 9. Disposition générale de quatre fourneaux employés à la fabrication du cuivre brut.

Pl. I, *fig.* 6, 7 et 8. Détails d'un fourneau de rôtissage de grande dimension. Les dimensions horizontales de la sole y présentent d'assez fréquentes variations, soit d'une fonderie à l'autre, soit dans la même fonderie.

X. Raffinage du cuivre brut.

Pl. III, fig. 4, n° 10. Disposition générale des deux fourneaux de raffinage.

Pl. III, fig. 1, 2 et 3. Détails du fourneau de raffinage.

a a, emplacement voûté spécial à ce fourneau et dans lequel se rassemble au besoin le cuivre métallique qui s'infiltre au travers des fissures de la sole *b b*, *b' b'*, et de la voûte *c c*.

b b, sole de sable immédiatement en contact avec le cuivre et que l'on enlève à chaque reconstruction du fourneau : la sole inférieure *b' b'* restant ordinairement intacte ainsi que la voûte *c c*.

d, petit bassin formant le point le plus bas de la sole et dans lequel on puise à la cuiller les dernières parties de la charge de cuivre raffiné.

Le combustible et le craya sont disposés dans la chauffe de même que dans tous les fourneaux de fusion et de rôtissage (*Pl. II, fig.* 2). Les fours de grillage (pour les opérations I et III) sont les seuls dans lesquels la chauffe offre la disposition indiquée *Pl. I, fig.* 2.

Les figures composant la *Pl. IV* se rapportent à l'analyse chimique des matières premières et des produits cuivreux des fonderies de cuivre. Toutes les explications nécessaires à l'intelligence de ces planches sont données dans le § 16.

RÉSUMÉ ANALYTIQUE.

§ 2. *Caractères généraux de la méthode galloise.*

§ 3. — Ire OPÉRATION. — *Grillage des minerais.*

§ 4. — IIe OPÉRATION. — *Fonte pour matte bronze.*

§ 7. — Ve opération. — *Fonte pour matte bleue.*

§ 8. — VIe opération. — *Refonte des scories.*

Pages.

§ 12. — Xe OPÉRATION. — *Raffinage du cuivre brut.*

§ 13. *Calcul des réactions métallurgiques.*

§ 14. *Frais du traitement métallurgique pour 1 tonne de minerais.*

APPENDICES.

§ 16. *Études chimiques sur la méthode galloise.*

§ 17. *Matériel de fabrication d'une fonderie galloise.*

FIN DU RÉSUMÉ ANALYTIQUE.

MÉMOIRE

sur la constitution minéralogique et chimique des roches des Vosges;

(SUITE.) (1)

Par M. ACHILLE DELESSE, Ingénieur des mines.

Syénite du ballon d'Alsace.

La syénite est très-développée dans toute la partie méridionale de la chaîne des Vosges, où, comme le font observer les auteurs de la carte géologique de France, elle forme des massifs isolés dont les contours arrondis en dôme ont mérité le nom de *ballons* (2). Les variétés qu'elle présente sont assez nombreuses; comme elles sont produites soit par les changements de couleur, soit par la prédominance ou par l'absence de l'un ou de l'autre des minéraux qui composent la roche et qui peuvent y être répandus d'une manière très-inégale, je les ferai connaître, ainsi que les localités dans lesquelles on les observe, en décrivant successivement ces minéraux.

On peut distinguer dans la syénite des ballons deux feldspaths différents qui sont nettement caractérisés.

L'un de ces feldspaths, qui généralement forme au plus le tiers de la roche, a une couleur qui est le plus ordinairement d'un rose-fauve plus ou Orthose.

(1) Voir Annales des mines, 4ᵉ série, t. XII, p. 306.

(2) Dufrénoy et Élie de Beaumont. Explication de la carte géologique de France (Vosges), t. I, p. 338.

moins pâle, ou même lilas ou violacé; elle peut aussi être rouge ou légèrement brunâtre, ou rouge de chair (1). De même que dans le labrador du porphyre de Belfahy, l'altération atmosphérique a pour effet de mettre en liberté l'oxyde de fer, et le feldspath prend alors une teinte rouge tirant sur le rouge de brique.

Ses cristaux formés d'une manière plus ou moins parfaite, par cela même qu'ils ont une couleur différente de celle de la pâte, donnent à la roche une structure porphyrique bien caractérisée; ils ont généralement plusieurs centimètres, et leur longueur peut aller jusqu'à 8 centimètres. (Voir pour leur couleur et leur forme les *fig.* 6, 7, 8 et 9, *Pl. VII.*)

Densité. J'ai trouvé pour leur densité — 2,551.

Leur dureté est un peu moindre que 6.

Forme. L'étude minéralogique de ces cristaux a montré qu'ils ont les deux clivages perpendiculaires P et g' qui caractérisent l'*orthose* (voir Minéralogie de M. Dufrénoy, pour la désignation des faces représentées par ces notations); de plus on peut obtenir, mais difficilement, deux clivages suivant les faces M.

Ils sont toujours engagés dans la pâte de la syénite, et l'on ne peut en séparer que des fragments; mais l'étude des sections que présentent un grand nombre de cassures montre qu'elles sont parallélogrammiques ou hexagonales, et les cristaux résultent des faces P, g^1, M, a^1, etc. (*fig.* 100 et suiv., Minéralogie de M. Dufrénoy).

Presque toujours ces cristaux sont mâclés et leur

(1) Dufrénoy et Elie de Beaumont. Carte géologique, t. I, p. 334.

mâcle est celle qui a été étudiée depuis longtemps dans les cristaux du Drachenfels; c'est aussi celle qu'on observe le plus généralement dans l'orthose; elle résulte de la pénétration de deux cristaux qui auraient été retournés autour de l'arête H, de façon que l'un fît volte face à l'autre; elle est représentée par la *fig.* 1, *Pl. VII.* Les faces g^1 de ces cristaux sont très-développées; par suite, les faces M le sont assez peu, et par conséquent les cristaux mâclés ont toujours une faible épaisseur perpendiculairement à g^1. Toutes choses égales, on conçoit que la cassure du cristal mâclé sera la plus fréquente dans le sens de sa plus grande longueur et aussi parallèlement à ses clivages g^1 et P; mais parallèlement à g^1 la mâcle n'est ordinairement pas visible, les cristaux étant également développés et se recouvrant mutuellement. Il n'en sera pas de même lorsque, comme cela a lieu généralement, le cristal mâclé se brisera suivant des plans parallèles à P, et tels que $\alpha 6$. Alors une partie du cristal sera plane et miroitante par le jeu de la lumière sur la cassure parallèle à P, tandis que l'autre partie sera esquilleuse et obscure, P étant dirigé en sens inverse. Quand les axes des deux cristaux composant le cristal mâclé viennent à se confondre, ils coupent le plan parallèle à P mené suivant $\alpha 6$ en un même point o, et leur plan diagonal parallèle à g^1 étant commun, a pour trace vs (voir *fig.* 2): on a supposé sur la figure que ce plan formait en outre la surface de séparation, comme cela a lieu ordinairement, en sorte que le cristal mâclé présente un hexagone allongé, dont une moitié est brillante, tandis que l'autre moitié est obscure.

Quand les deux axes sont parallèles, le plan diagonal étant encore commun, on a une section

telle que *fig.* 3, dans laquelle o et o' sont les points de rencontre des axes avec le plan de section parallèle à P. Quand, comme cela a lieu dans des cas plus rares, les deux axes ne sont pas parallèles, ce qui paraît être dû à une légère irrégularité de la mâcle, ils forment cependant entre eux un très-petit angle, et on a une section telle que *fig.* 4. Sur les *fig.* 2 et 3 on a supposé que les plans diagonaux étaient confondus, et qu'ils avaient pour trace commune vs; cette propriété paraît caractériser surtout l'orthose de la syénite, et en tout cas ces plans diagonaux sont peu distants l'un de l'autre, car dans les sections parallèles à P on n'obtient le plus ordinairement que des hexagones allongés, tels que celui de *fig.* 2 et non pas des polygones à angles rentrants, comme cela a lieu quand vs et $v's'$ ne sont pas confondus. Suivant la position de $\alpha\beta$, et suivant la position des deux cristaux qui forment le cristal maclé, on aura des sections très-différentes dans lesquelles les parties brillantes et obscures peuvent être séparées l'une de l'autre par une ligne brisée et très-complexe : d'ailleurs la surface de séparation des deux cristaux n'est pas toujours plane comme cela a été représenté pour les *fig.* 2, 3 et 4; mais elle peut être très-irrégulière et se plier plusieurs fois sur elle-même, ainsi que l'indique la *fig.* 5.

Chalumeau. L'essai au chalumeau m'a montré que ce feldspath fond difficilement en un verre bulleux et blanchâtre.

Avec le borax, dissolution complète, mais lente, légère coloration de la perle par le fer.

Avec le sel de phosphore, dissolution incomplète; perle jaune à chaud, incolore par le refroidissement.

Avec le carbonate de soude, des squelettes gonflés restent dans la perle; sur la feuille de platine on constate la présence d'une trace très-faible de manganèse.

Analyse.

J'ai fait des analyses de ce feldspath par le carbonate de soude et par l'acide fluorhydrique; les cristaux soumis à l'analyse avaient une couleur rougeâtre tirant sur le fauve; ils provenaient d'un échantillon pris sur le ballon de Servance tel que celui représenté *fig.* 6, *Pl. VII;* j'ai trouvé pour leur composition chimique :

	(1°) g. 1,2 carb. de soude.	(2°) g. 1,2 carb. de soude.	(3°) g. 1,2 ac. fluor.	Moyenne.	Oxygène.		Rap.
Silice.	64,16	64,36	»	64,26	»	33,383	12
Alumine. . .	18,95	19,59	»	19,27	8,999	9,152	3
Peroxyde de fer.	0,50	»	»	0,50	0,153		
Protoxyde de manganèse.	trace.	»	»	»	»	»	
Chaux. . . .	»	0,65	0,75	0,70	0,197	3,030	1
Magnésie. . .	»	»	0,77	0,77	0,298		
Soude. . . .	»	»	2,88	2,88	9,737		
Potasse. . . .	»	»	10,58	10,58	1,798		
Perte au feu.	»	0,34	0,46	0,40			
				99,36			

Les rapports d'oxygène dans ce feldspath sont à peu près 1 : 3 : 12; c'est donc bien de l'orthose, comme cela résultait déjà de l'étude cristallographique.

Ce feldspath contient un peu d'eau, qui n'est probablement que de l'eau hygrométrique; toutefois plusieurs essais m'ont appris qu'elle est à peu près constante, et, par la calcination, le feldspath prend une couleur blanchâtre ou d'un fauve plus pâle tirant un peu sur le gris.

Après avoir complétement précipité la potasse

par le chlorure de platine, j'ai constaté qu'il restait encore une proportion assez notable de soude; elle paraît même être plus considérable que celle qui a été signalée jusqu'ici par MM. Berthier, Abich, Ch. Deville dans les feldspaths orthoses qu'ils ont analysés, et daus cet orthose fauve du ballon il y a environ 2 at. 1/2 de potasse pour 1 at. de soude.

Andésite. Il est un deuxième feldspath qui ne se présente qu'accidentellement dans quelques syénites, mais qui peut être regardé comme un minéral constituant de la syénite des ballons, dans laquelle il est ordinairement fort abondant; car il forme souvent le tiers de sa masse. Il a des couleurs très-différentes qui, au premier abord, feraient croire à l'existence de trois variétés de feldspath : ainsi, quand il n'a subi absolument aucune altération par l'air et par l'action atmosphérique, il est le plus souvent translucide et d'un blanc nuancé de jaune et de verdâtre, ayant un peu l'éclat gras; mais il est assez rare de le rencontrer à cet état, même dans les blocs compactes récemment brisés : généralement il n'est plus translucide et sa couleur est le blanc de cire ou le rouge de corail : une altération plus complète le désagrége et fait passser l'une ou l'autre variété à un kaolin qui est d'un blanc de farine. La kaolinisation de ce feldspath m'a toujours paru produite par l'air atmosphérique et surtout par les eaux pluviales; elle s'opère, du reste, avec beaucoup plus de facilité que celle de l'orthose (1), dont les cristaux restent en saillie, tandis que ceux du

(1) Dufrénoy et Élie de Beaumont. Carte géologique, t. I, p. 334.

deuxième feldspath sont déjà complétement décomposés et donnent à la surface de la roche de petites cavités produites par l'enlèvement de leur kaolin.

La variété blanche ou blanc-jaunâtre, qui est la plus répandue, est celle qu'on observe le plus généralement au centre des ballons de Giromagny et de Servance; la variété rouge se trouve au Plain de Coravillers, près de l'église, à Château-Lambert, au haut du Them, aux environs de Servance, à la Goutte des Fondeurs près Saint-Maurice, au delà du Puix sur la route du ballon de Giromagny, etc.

On a obtenu pour la densité de ce feldspath : Densité.

a. Variété d'un blanc de cire, du ballon de Servance (*Pl. VII, fig.* 6 et 9). . . 2,683

b. Variété d'un rouge corail, de Coravillers (*Pl. VII, fig.* 7 et 8). 2,651

Forme.

Ces nombres sont à peu près ceux qui conviennent à l'oligoclase; on verra cependant par les analyses rapportées plus loin que ce feldspath ne doit pas y être rapporté.

Par la calcination sa densité diminue, et celle de la variété *a* est seulement de. . 2,621

Perte = 2,31 p. o/o.

La dureté est un peu moindre que 6.

Les cristaux de ce feldspath ne sont pas, à beaucoup près, ni aussi gros ni aussi bien définis que ceux de l'orthose; généralement ils n'ont que quelques millimètres de côté; quelquefois cependant j'ai trouvé dans la syénite du ballon de Giromagny des cristaux appartenant à la variété blanc de cire qui avaient 3 à 4 centimètres.

Il est remarquable que la variété blanche et

la variété rouge, quoique différant très-peu dans leur composition chimique, puisque la deuxième contient seulement un peu d'oxyde de fer, tandis qu'il n'y en a que des traces dans la première, présentent des différences assez notables dans la netteté de leurs clivages; la première variété n'a qu'un seul clivage bien net, lequel a un éclat un peu nacré, les deux autres donnent lieu à une cassure cireuse; la deuxième a trois clivages miroitants.

Dans les deux variétés, parallèlement à l'un des deux plans de clivage, on observe, du reste, des stries très-fines et très-rapprochées qui indiquent une mâcle formée d'après la loi ordinaire de la mâcle de l'albite, et de laquelle il résulte que le feldspath appartient au dernier système cristallin; ces stries sont moins visibles dans la variété rouge.

Chalumeau. Si l'on suppose, comme dans l'albite, que P soit le clivage le plus facile, il y en aura un deuxième suivant g^1, qui est le plan de mâcle, et un troisième moins net suivant T^1 (1). Dans la variété rouge de corail, l'angle de P sur g^1 peut être mesuré au goniomètre de réflexion : cette mesure m'a donné, ainsi qu'à M. Descloiseaux, 86° 10'; cet angle est donc égal à celui de l'albite, du labrador de tous les autres feldspaths du même système.

Généralement, en cassant la roche sous le marteau, on n'obtient que des parallélogrammes; ce qui indique que les cristaux sont toujours très-simples; cependant on observe aussi des formes hexagonales allongées comme dans l'orthose, mais

(1) Voir Dufrénoy. Minéralogie, t. III, p. 366.

elles résultent de l'agglomération d'un grand nombre de cristaux mâclés à la manière de l'albite de Carlsbade.

L'essai au chalumeau m'a montré que les deux variétés de ce feldspath fondent beaucoup plus facilement que l'orthose et donnent un verre blanc de lait qui est un peu bulleux.

Dans le tube fermé on a de l'eau.

Avec le borax, dissolution facile, perle blanche et transparente.

Avec le sel de phosphore, dissolution difficile, mais complète; très-légère coloration de la perle avec la variété rouge.

Avec le carbonate de soude, des squelettes gonflés restent dans la perle, qui est cristalline, opaque et blanc-jaunâtre. On reconnaît sur la feuille de platine que la variété rouge contient à peine une trace de manganèse.

Analyse.

Des analyses du feldspath blanc de cire *a* et rouge de corail *b*, provenant l'un de Servance et l'autre de Coravillers, m'ont donné :

a. Servance.

	Carb. de soude.	Carb. de soude.	Acide fluorhyd.	Moyenne.		Oxygène.	Rap.
Silice.	58,75	59,08	»	58,92		30,614	8
Alumine. . . Traces d'oxydes de fer et de chrôme.		25,09	25,00	25,05		11,708	3
Protoxyde de manganèse.	»	trace.	»	trace.		»	
Chaux.	»	4,64	»	5,64	1,294		
Magnésie. . .	»	0,36	0,46	0,41	0,163		
Soude.	»	»	7,20	7,20	1,842	4,044	1
Potasse. . . .	»	»	2,06	2,06	0,349		
Eau.	»	1,29	1,26	1,27	1/3. 1,129		
				99,55			

b. Coravillers.

	(1°) Carb. de soude.	(2°) Carb. de soude.	(3°) Acide fluorhyd.	Moyenne.		Oxygène.	Rap.
Silice.	59,16	58,67	»	58,91		30,609	8
Alumine. . . .	»	24,59	»	24,59	11,494		
Peroxyde de fer.	»	0,99	»	0,990	0,303	11,797	3
Protoxyde de manganèse.	traces.	»	»	traces.	»		
Chaux.	»	4,04	3,98	4,01	1,126		
Magnés. (diff.)	»	»	0,39	0,47	0,155	3,943	1
Soude.	»	»	7,59	7,59	1,941		
Potasse. . . .	»	»	2,54	2,54	0,431		
Eau.	»	1,01	0,95	0,98 1/3	0,871		
				100,00			

Il résulte de l'ensemble des propriétés physiques et chimiques de ce feldspath, qu'il appartient à la variété que M. Abich a nommé *andésite*, et qui se trouve dans un porphyre regardé d'abord comme dioritique, lequel est très-développé dans les Cordillères, où il a été étudié par M. de Humboldt; il renferme seulement moins de chaux et plus d'alcali que ce dernier.

Jusqu'ici la présence de l'andésite n'avait pas encore été signalée dans d'autres roches et dans la syénite; ainsi que dans les roches granitoïdes, elle a toujours été considérée et décrite comme de l'albite par tous les minéralogistes.

Il est remarquable que le feldspath andésite de la syénite contienne une proportion d'eau notable; il ne faut pas croire, du reste, que cette eau provienne d'une altération, car en essayant après dessiccation, la teneur en eau de l'andésite non altérée et d'un jaune-verdâtre qui devient rouge de corail par l'action atmosphérique, j'ai

(1) Voir Ann. de Poggendorff, vol. LI, p. 523.

trouvé 1,30 p. 0/0; cette quantité serait donc même un peu supérieure à celle des variétés qui ont été analysées, dans lesquelles il y avait déjà un commencement de décomposition; par conséquent cette eau est bien de *l'eau de combinaison*.

Ainsi que j'ai déjà eu l'occasion de le faire remarquer pour le labrador du porphyre de Belfahy, les différences de couleur que présente le feldspath andésite tiennent à sa composition et aussi à son état d'altération, dans lequel on peut distinguer plusieurs périodes : lorsqu'il est tel qu'il s'est formé primitivement, il a une couleur tirant d'autant plus sur le verdâtre qu'il est plus riche en fer; par la décomposition, il perd une petite quantité d'eau, et, en même temps, lorsqu'il contient une proportion notable de fer, il passe à un rouge très-vif; bientôt cet oxyde de fer est entraîné et dissous, en sorte que l'andésite se décolore peu à peu par la perte de son oxyde de fer; puis il devient pulvérulent, et il se transforme en kaolin très-blanc, qu'une altération plus prolongée finit par détruire et enlever complétement, et l'on n'observe plus que des cavités à la place qui était occupée antérieurement par les cristaux de feldspath.

Le changement de couleur de l'andésite qui, d'abord verdâtre, devient rouge, semblerait correspondre à un changement dans l'oxydation du fer, qui, étant à l'état de protoxyde dans la combinaison, s'en dégagerait pour passer à l'état de peroxyde : cependant la simplicité de la formule paraît exiger au contraire que le fer soit à l'état de peroxyde; la couleur verdâtre du feldspath ne serait pas d'ailleurs un obstacle, car on trouve dans la nature des minéraux hydratés à base de sili-

cate de peroxyde de fer qui ont une couleur verte.

On peut remarquer qu'on obtient pour l'oxygène de $\dot{R}$ des nombres trop forts, mais comme la magnésie, la soude, la potasse et la chaux ne sont pas des bases isomorphes, et que, par exemple, un atome de chaux ne remplace pas un atome de soude, l'étude plus complète de l'*isomorphisme polymère*, dont les bases ont été posées par M. Scheerer, apprendra par la suite dans quelle proportion atomique s'opère la substitution, et si le fer ne devrait pas plutôt être considéré comme étant à l'état de protoxyde.

On peut admettre, toutefois, que les rapports entre les quantités d'oxygène sont ÷ 1 : 3 : 8; ce qui conduit à la formule générale :



$$(\dot{R})^3 \dddot{Si}^2 + 3 \dddot{Al} \dddot{Si}^2,$$

dans laquelle les quantités atomiques de potasse, de chaux et de soude dans ($\dot{R}$) sont à peu près ÷ 1 : 4 : 5.

Il est à remarquer que dans la variété de syénite à andésite rouge, l'orthose, qui est généralement rose, prend une couleur brunâtre, et souvent il y a en outre une proportion notable d'amphibole; il paraît donc que cette variété de la roche a une plus grande richesse en fer, et que quelques-unes des bases nécessaires à la formation des feldspaths ayant fait défaut, elles ont dû être remplacées par de l'oxyde de fer, qui donne aux deux feldspaths une teinte plus foncée.

Quelquefois l'orthose et l'andésite ont la même couleur rouge-brunâtre (*Pl. VII, fig.* 7), mais l'andésite se reconnaît cependant encore par la présence des stries fines et parallèles qui le caractérisent.

L'amphibole hornblende est le troisième minéral constituant de la syénite. Sa couleur, qui est bien constante, est un beau vert foncé; (*Pl. VII*, *fig.* 6, 7, 8 et 9); lorsqu'elle est vert clair ou grisâtre cela tient à ce qu'elle a subi un commencement de décomposition, ainsi qu'on peut le constater par la facilité avec laquelle elle se désagrége; elle est après l'andésite le minéral qui se décompose le plus facilement. Hornblende.

Sa densité est de 3,114.

Elle est toujours cristallisée, et elle se présente le plus généralement sous la forme d'un prisme hexagonal aplati, dans lequel les faces g^1 sont peu développées, les faces M étant bien miroitantes, et qui est fibreux dans le sens de sa longueur. Ordinairement, ce prisme est allongé, et ses sommets se terminent dans ce cas d'une manière confuse; souvent, au contraire, lorsqu'ils se trouvent au milieu d'une pâte feldspathique d'andésite ou d'orthose, leur longueur n'est pas beaucoup plus grande que leur largeur, et ils sont terminés à leurs deux sommets; dans la cassure sous le marteau, ils présentent alors à ces sommets des angles plans obtus correspondant aux modifications ordinaires de l'hornblende (voir *fig.* 314 et suivantes de la Minéralogie de M. Dufrénoy. Hornblende). Forme.

Quelquefois les cristaux sont groupés en étoile par une de leurs extrémités, mais les rayons de ces étoiles, qui sont formés par les cristaux de hornblende, sont de grosseur très-inégale.

Au chalumeau, l'hornblende de la syénite prend une couleur gris clair, puis elle fond, mais difficilement, et seulement lorsqu'elle est en petits fragments; elle donne alors un verre de bouteille vert foncé. Relativement à sa fusibilité, il importe Chalumeau.

de remarquer qu'elle est moins grande que celle de l'andésite blanche ou rouge, et qu'elle est égale ou même un peu inférieure à celle de l'orthose.

Avec le borax, dissolution facile et coloration produite par le fer.

Avec le phosphate de soude, dissolution difficile, mais complète, et coloration par le fer.

Avec le carbonate de soude, on a des squelettes gonflés qui restent sans se dissoudre dans la perle, laquelle devient cristalline, opaque et blanc jaunâtre par refroidissement.

Sur la feuille de platine, on observe la présence d'un peu de manganèse.

Analyse. Pour déterminer la composition chimique, j'ai fait une attaque par le carbonate de soude et une autre par l'acide fluorhydrique, qui avait principalement pour but la recherche des alcalis; j'ai séparé la magnésie de l'alumine et du fer par le procédé de Fuchs; j'ai obtenu ainsi pour des cristaux extraits de l'échantillon du ballon de Servance (*fig.* 6) dont l'andésite blanche a été analysée :

	Carb. de soude et ac. fluorhydrique.
Silice	47,40
Alumine (diff.)	7,35
Protoxyde de fer	15,40
Protoxyde de manganèse	traces.
Chaux	10,83
Magnésie	15,27
Potasse et un peu de soude	2,95
Perte au feu	1,00
	100,00

Quand on calcine cette hornblende, elle prend

un teinte vert-brunâtre; la perte au feu, qui a été trouvée en opérant sur des cristaux provenant d'échantillons différents, n'a pas été constante; elle a varié depuis plusieurs millièmes jusqu'à 1,49 p. o/o; il paraît donc probable que cette perte est due à l'eau ainsi qu'à l'acide fluorhydrique du mica, qui est mélangé d'une manière très-intime avec l'hornblende. Après calcination, le mica, qui était d'abord presque invisible, prend une couleur de tombac dorée, et on peut le distinguer plus facilement.

Les analyses ci-dessus ont été faites sur des fragments qu'on avait débarrassés, aussi bien que possible, de leur mica ainsi que du feldspath; la quantité assez notable d'alcali qui a été trouvée me semble donc devoir être considérée comme étant principalement en combinaison dans l'hornblende. A cause de l'impureté de la substance et de l'ignorance dans laquelle on est sur le mode de substitution des différentes bases, ainsi que sur le rôle que joue l'alumine, il serait difficile d'en donner une formule chimique. Il importe seulement de constater que l'amphibole de la syénite est une hornblende à base de fer, de chaux ainsi que de magnésie, qui contient une proportion notable d'alumine, et dans laquelle il y a en outre un peu d'alcali.

Les trois minéraux qui viennent d'être décrits sont ceux qui, par le contraste de leurs couleurs, donnent, surtout à la syénite des ballons, son *facies* minéralogique, mais elle en contient encore d'autres qui moins visibles peuvent être ou à peu près constants ou accidentels ou microscopiques; ainsi, elle doit être considérée comme un véritable *granite syénitique* car celle qui est la

mieux caractérisée, qui se trouve au centre de la masse, renferme presque constamment une proportion de *quartz* très-notable, qui est même aussi grande que dans beaucoup de granites; la couleur pâle de ce quartz répandu du milieu des minéraux déjà décrits qui ont des couleurs très-vives, empêche au premier abord de reconnaître qu'il y en a une aussi grande quantité.

Quartz. Il a des formes bizarres qui sont tantôt angulaires et très-déliées, et tantôt, au contraire, arrondies comme celles que prendrait une substance amenée à un état de fluidité imparfait; quelquefois, en outre, elles semblent présenter une section imparfaitement hexagonale.

Il n'est pas généralement cristallisé, mais en examinant l'arène provenant de la décomposition de la syénite à andésite rouge de Château-Lambert, j'ai trouvé des cristaux très-nets et à deux sommets dont la forme dominante étaient le dodécaèdre, mais qui présentaient cependant les faces du prisme hexagonal régulier; cette forme est aussi celle du quartz dans le porphyre quartzifère.

Il est hyalin et transparent, et on observe fréquemment qu'il a une légère teinte rougeâtre, surtout dans la syénite à andésite blanche; cette teinte est habituelle au quartz de la protogyne et d'un grand nombre de roches granitoïdes.

Sphène. Le sphène s'observe dans presque tous les échantillons de syénite des ballons bien caractérisés, et il est presque toujours dans l'intérieur des autres minéraux qui en sont pour ainsi dire imprégnés; il me paraît même se rencontrer généralement dans les roches de syénite.

Le sphène de la syénite des ballons a une cou-

leur jaune de miel brunâtre ou brun foncé ; il se présente en cristaux tantôt à peine visibles, tantôt microscopiques, et ayant en tous cas au plus 1 à 2 millimètres de longueur, mais qui sont d'une netteté parfaite ; ces cristaux ont un éclat très-vif et sont transparents.

Leur forme, à peu près constante, est une forme octaédrique représentée par la figure 452 de la Minéralogie de M. Dufrénoy ; quelquefois $\dot{P}$ et a^1 sont plus développés que dans cette figure, et ils se rejoignent. Forme.

J'ai observé cette même forme dans un grand nombre d'autres syénites, dans la protogine du Mont-Blanc, etc.

Quelquefois encore la forme du sphène est voisine de celle qui a été désignée sous le nom de *semeline*, et les faces sont développées de manière qu'au premier abord il paraît ressembler au zircon, dont il a au reste la couleur : toutefois, je n'ai pas observé de zircon dans la syénite des ballons, quoique sa présence ait déjà été signalée dans plusieurs autres syénites.

La syénite exerce une action très-sensible sur l'aiguille aimantée, action qui est due à la présence d'un peu de *fer oxydulé*, qu'on peut quelquefois distinguer à la loupe, et qui forme des paillettes dans les cristaux d'amphibole avec lesquels il est associé. Fer oxydulé.

Très-souvent, l'amphibole est pénétrée de *mica* ayant comme elle une couleur vert-noirâtre, mais d'un aspect résinoïde ; sa présence donc peut très-bien se constater par la calcination, qui lui fait prendre une couleur brun de tombac à reflets bronzés ; il est, du reste, en quantité trop petite Mica.

pour qu'il m'ait été possible de le soumettre à l'analyse.

Quelquefois l'amphibole et le mica sont concentrés dans certaines parties de la roche qui se détachent de la masse par leur couleur foncée, et qui présentant des formes anguleuses, leur donnent une ressemblance apparente avec des fragments de schiste ou de gneiss.

Pyrite de fer. Enfin, on rencontre accidentellement de très-petits grains de *pyrite de fer* qui sont répandus dans la syénite, et qui paraissent surtout accompagner l'amphibole.

Parmi les minéraux accidentels de la syénite des ballons, on peut encore citer l'*épidote*; elle se présente en cristaux d'un très-beau vert pistache; mais je l'ai rencontrée seulement, soit dans les filons qui vont être décrits plus bas, soit dans des parties de la roche qui auraient pu être imprégnées par leur voisinage, soit enfin dans de petites druses où elle était entourée par de la *chlorite ferrugineuse*, ou par du *quartz*; son mode de gisement dans la syénite est donc identique à celui que j'ai déjà signalé dans les porphyres. Ainsi que l'indique Voltz (1), il y a aussi, dans quelques cas rares, des veines ou des veinules remplies de chaux carbonatée; mais c'est seulement dans le voisinage des filons ou près des limites de la formation.

On observe dans la syénite des filons qui paraissent appartenir à l'époque même de sa formation; ils ont quelques centimètres ou au plus quelques décimètres de puissance; ils sont ordinairement formés d'orthose rose parfaitement pur et iden-

(1) Voltz, Géognosie de l'Alsace.

tique à celui qui entre dans la composition de la syénite, de quartz et d'épidote; enfin il y a aussi des filons avec quartz, fer oligiste et sulfate de baryte.

Masse de la roche.

Tous les minéraux qui composent la syénite sont nettement cristallisés, et bien qu'elle soit porphyroïde, il n'y a pas, à proprement parler, de pâte dont il soit nécessaire d'examiner la composition moyenne; j'ai recherché cependant quelques propriétés de la *masse de la roche* lorsqu'elle est le mieux caractérisée et à l'état normal.

Il résulte d'essais qui ont été faits en opérant sur plusieurs kilogrammes de la roche pulvérisée, qu'on a pour sa densité :

		Moyenne.
Syénite avec orthose, andésite blanche, amphibole et quartz du ballon de Giromagny et de Servance (*fig.* 6).	2,69 à 2,71	2,70
Syénite avec orthose, andésite rouge, amphibole et quartz du haut du Them et de Coravillers (*fig.* 7 et 8). . . .	2,64 à 2,68	2,66

La densité de la roche varie entre des limites assez peu étendues; toutes choses égales, elle est d'autant plus grande qu'il y a plus d'amphibole et d'andésite, et d'autant plus petite qu'il y a plus de quartz et d'orthose.

La roche perd en moyenne au feu 0,70 p. 0/0; elle prend alors une couleur très-pâle, et elle devient très-friable; elle fond à la température des fours de verrerie, et elle donne un verre fortement coloré par le fer; dans un creuset brasqué, il en est de même, seulement le fer et le titane se réduisent.

Les substances chimiques qui entrent dans la

composition des trois minéraux de la syénite, qui ont été décrits les premiers, sont à très-peu près les mêmes, comme on peut le voir dans les analyses qui précèdent, car ils contiennent tous trois de la silice, de l'alumine, de l'oxyde de fer, de la chaux, de la magnésie et même des alcalis; cependant il importe de remarquer que ces substances ne sont pas également distribuées dans ces minéraux : ainsi, dans l'*orthose*, on trouve surtout la silice et la potasse; dans l'*andésite*, l'alumine et la soude; dans l'*amphibole*, la chaux, la magnésie et l'oxyde de fer.

La quantité d'une substance qui se trouve dans l'unité de poids de la syénite est une fonction complexe qui dépend des quantités $a, a', a''', \ldots$ de cette même substance entrant dans la composition de chacun des minéraux constituants de leurs proportions en volume dans l'unité de volume de la roche $m, m', m''', \ldots$ ainsi que des densités respectives $d, d', d''', \ldots$ de ces mêmes minéraux : elle est donnée par l'expression :

$$AD = md.a + m'd'.a' + m''d''.a'' + m'''d'''a''' + \ldots (6)$$

dans laquelle $\left.\begin{array}{l} m + m' + m'' + m''' + \ldots = 1 \\ D = md + m'd' + m''d'' + m'''d''' + \ldots \end{array}\right\} (\alpha)$

D étant la densité de la roche.

Les quantités $m, m', m'', m''', \ldots$ peuvent être déterminées par le *procédé* dont j'ai donné la description (1), et dans différentes expériences sur des plaques polies présentant les variétés les plus remarquables de la syénite du ballon d'Alsace, j'ai obtenu les résultats suivants :

(1) Voir Annales des mines, 4 série, t. XIII, p. 379.

		PROPORTIONS EN VOLUME.				
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$\overline{m}$	Orthose fauve (*f*) ou brunâtre (*b*)......	30 (*fb*)	24 (*b*)	20 (*f*)	20 (*f*)	18 – 17 (*f*)
m'	Andésite blanche (*b*) ou rouge corail (*r*).	32 (*r*)	30 (*r*)	34 (*b*)	30 (*b*)	36 – 34
m''	Hornblende vert-noirâtre......	10	21	16	16	46 – 49
m'''	Quartz gris.....	28	25	30	34	
100		100	100	100	100	100=100

En appliquant les formules α et β qui ont été données antérieurement (2) on peut de plus arriver à déterminer d'une manière complète la composition *physique* et *chimique* de ces syénites; c'est ce qui a été fait pour les syénites (1), (2), (3), et j'ai trouvé ainsi d'après les nombres obtenus pour la densité et pour la composition chimique des divers minéraux qui forment ces roches :

	DÉSIGNATION du minéral.	PROPORTIONS en volume.	en poids.	DENSITÉ D
(1)	o (f b)	30	29	2,67
	a (r)	32	31	
	h	10	12	
	q	28	27	
(2)	o (b)	24	23	2,72
	a (r)	30	29	
	h	21	24	
	q	25	24	
(3)	o (f)	20	19	2,72
	a (b)	34	33	
	h	16	19	
	q	30	29	

Composition chimique.

	(1)	(2)	(3)
Silice.	70,74	67,49	70,03
Alumine.	14,24	13,28	13,21
Oxyde de fer.	2,21	3,98	2,85
Chaux.	2,74	3,95	3,88
Magnésie.	1,97	3,74	2,93
Potasse	3,87	3,55	3,09
Soude	3,07	2,73	2,90
Eau et reste (1). . . .	1,14	1,28	1,17
	100,00	100,00	100,80

(1) On a réparti sur la dernière colonne qui donne l'eau

La formule (β) qui donne la quantité d'une substance entrant dans l'unité de poids de la roche, paraît renfermer quatre variables indépendantes m, m', m'', m'''; mais comme il existe entre ces variables deux équations de condition (α) cela réduit en réalité leur nombre à deux; l'étude de ces formules montre d'ailleurs comment chaque substance minérale croît ou décroît suivant les proportions de chaque minéral. Les calculs qu'on est obligé de faire pour trouver les nombres des tableaux ci-dessus sont assez longs, mais leur symétrie et les facteurs communs permettent cependant d'obtenir les résultats simplement, surtout quand on exécute les calculs d'une manière *graphique* ou bien à l'aide d'un abaque tel que celui proposé par M. Lalanne.

On peut encore avoir recours au procédé *graphique* suivant, dans lequel quelques mesures très-simples donnent immédiatement les produits: md, mda, etc.

Sur l'axe des abscisses ox (*Pl. VII*, *fig.* 10) prenons 10 parties égales, et sur xy, parallèle à l'axe des y, portons un certain nombre de parties égales entre elles et aux premières; sur xy mesurons une longueur égale à $10d$, et menons la droite à l'origine dont la tangente est $10d$, le produit $10md$ sera l'ordonnée de cette droite, qui correspond à l'abscisse m. On déterminera de même les longueurs correspondantes aux produits $10m'd'$, $10m''d''$, etc., qu'on portera à la suite l'une de l'autre sur la ligne xy: on connaîtra par conséquent 10D ou D, c'est-à-dire *le poids spé-*

les erreurs provenant des restes dans les différentes divisions.

cifique de l'unité de volume de la roche. On comprend d'ailleurs que si on a multiplié les densités par 10, c'est afin d'obtenir graphiquement les produits avec une plus grande exactitude, car les erreurs de lecture sont alors divisées par 10, et aussi afin d'éviter la confusion qui aurait pu résulter de ce que les densités des minéraux constituants d'une roche diffèrent en général assez peu entre elles.

La figure montre du reste, d'une manière bien évidente, que pour une même roche la valeur D est à peu près constante, et que même pour des roches de nature différente cette valeur ne peut varier que dans des limites peu étendues.

Il sera maintenant facile d'obtenir les produits tels que mda, etc.; à cet effet on prendra $10md$ pour abscisse, on cherchera l'ordonnée de la droite dont la tangente serait a, et on connaîtra mda; en ajoutant ensuite les produits analogues $m'd'a'$, $m''d''a''$, etc., on aura *la quantité pondérale d'une substance qui se trouve dans l'unité de volume de la roche.*

La quantité pondérale de la même substance dans l'*unité de poids* s'obtiendrait d'ailleurs en divisant le résultat précédent par le nombre trouvé pour D, ou graphiquement en portant sur oy' une longueur égale à 10D, en joignant $y'x$, et en menant à cette dernière droite une parallèle dont l'ordonnée à l'origne serait AD, que nous représenterons, par exemple, par oy''; cette parallèle coupera ox à une distance ox', qui multipliée par 10 sera le nombre cherché.

Dans le cas particulier de la syénite, il y a quatre minéraux constituants, qui sont l'*orthose*, l'*andésite*, l'*hornblende*, le *quartz*.

Dans la colonne verticale Δ on a donc marqué les ordonnées qui représentent les densités de l'orthose, de l'andésite, de l'hornblende et du quartz multipliées par 10; elles sont chacune en regard des lettres O, A, H, Q; de même dans la colonne verticale O se trouvent les ordonnées représentant les quantités de silice, d'alumine, d'oxyde de fer, de chaux, de potasse et de soude qui entrent dans la composition de l'*orthose;* elles sont respectivement en regard des lettres *s*, *a*, *f*, *c*, *k* et *n;* pour celles de ces lettres qui portent un accent, l'ordonnée a été multipliée par 10, afin d'éviter la confusion sur la figure, et afin d'obtenir le résultat graphique plus exactement; dans la lecture on devra donc diviser le produit par 10.

Les colonnes verticales Q, A, H, donneront de la même manière les ordonnées correspondantes aux quantités de silice, d'alumine, etc., qui entrent dans le *quartz*, dans l'*andésite* et dans l'*hornblende;* pour les lettres qui sont marquées d'un accent, l'ordonnée a encore été multipliée par 10.

D'après cela, pour opérer, on commencera par déterminer le produit *md* pour l'un des minéraux de la roche, pour l'orthose, par exemple : la longueur 10*md* sera portée sur *ox*, puis on prendra les longueurs représentant les quantités de silice, d'alumine, de potasse et de soude, qui résultent de la proportion d'orthose; on portera chacune d'elles sur des échelles différentes, on fera ensuite sur chaque échelle la somme des longueurs obtenues, et on aura la teneur en silice, alumine, etc., de l'*unité de volume de la roche*.

Si le produit 10*md* était plus grand que l'abscisse 10, on le ramènerait à être plus petit que

cette abscisse au moyen d'une division par 10, qui serait suivie d'une multiplication par 10 quand le produit par *a* serait obtenu : toutefois ce cas ne s'est pas présenté dans les divers échantillons de syénite des ballons que j'ai examinés. La *fig.* 10, *Pl. VII*, dispense, du reste, d'entrer dans de plus grands détails, et elle s'explique en quelque sorte d'elle-même.

Le procédé qu'on vient de décrire, et qui a pour objet de déterminer graphiquement la pesanteur spécifique de la roche, ainsi que les quantités de silice, d'alumine, etc., que renferme l'unité de volume, est surtout avantageux en ce qu'il permet de se rendre bien compte des changements que la prédominance d'un minéral peut apporter dans la composition chimique de la roche; car il représente d'une manière sensible à l'œil les variations qui résultent des proportions de ce minéral; il est d'ailleurs beaucoup plus rapide que l'analyse directe de la roche.

On peut voir du reste que les résultats du *calcul* sont bien d'accord avec ceux de l'*expérience*, car les densités D sont à très-peu près égales à celles qui ont été trouvées en prenant la densité moyenne sur 1 kil. de la roche, et un dosage de la silice a donné pour la syénite à andésite rouge de Coravillers 66 p. 0/0, pour la syénite à andésite blanche du ballon de Servance 70 p. 0/0.

Il importe de remarquer que la teneur en quartz est de beaucoup celle qui est la plus variable, comme on peut le reconnaître directement par l'examen minéralogique de la roche; quant aux autres substances leur teneur est à peu près constante et il est même très-digne de remarque qu'elle

ne diffère guère que de 1 centième pour les syénites (1), (2), (3), qui paraissent cependant présenter au premier abord de grandes différences dans leur composition minéralogique et chimique. On peut observer aussi que la teneur en oxyde de fer et en magnésie, qui est à peu près la même et varie de 2 à 4 p. o/o, est beaucoup plus faible qu'on ne serait tenté de le croire.

La syénite (3), qui est représentée par la *fig*. 6, est la variété la plus répandue, c'est en quelque sorte la syénite *normale;* on peut donc admettre que dans les Vosges cette dernière renferme en moyenne : *Silice* 70 — *Alumine* 13 — *Oxyde de fer* 3 — *Magnésie* 3 — *Potasse* 4 — *Soude* 3 — *Eau*, *fluor*, etc. 1 = 100.

La syénite dont la constitution minéralogique et chimique vient d'être étudiée est celle qui forme la masse principale des ballons de Servance et de Giromagny. Ainsi que l'a fait remarquer M. Élie de Beaumont, elle prend un grain plus fin vers les limites de la formation (1), et il m'a paru en outre qu'elle est quelquefois moins riche en quartz; c'est ce qu'on peut observer en l'étudiant dans les trois vallées de Plancher-les-Mines, de Massevaux et de la Moselle.

Indépendamment des variétés que j'ai déjà décrites, elle en renferme un très-grand nombre d'autres qui, comme j'ai déjà eu occasion de le dire, sont produites par le changement de couleur, par la prédominance ou par l'absence des quatre minéraux de la syénite qui ont été décrits en pre-

(1) Dufrénoy et Élie de Beaumont. Explication de la carte géologique de France, t. I, p. 335.

mière ligne, et qu'on peut regarder comme ses minéraux constituants.

L'étude de la roche sur le terrain peut seule suppléer à l'insuffisance forcée des descriptions ; à défaut de cette étude, on trouvera de nombreuses séries de syénite dans les musées de Besançon et de Strasbourg, ainsi que dans les cabinets de plusieurs géologues des Vosges, parmi lesquels on peut surtout citer MM. Hogard, Carrière, Ernest Puton et Mareine.

Au contact d'autres roches la syénite, de même que la plupart des roches des Vosges, perd de ses caractères et participe plus ou moins de la roche voisine : ainsi avant d'arriver au Saut-de-la-Truite, en montant le ballon de Giromagny, on trouve une roche qui me paraît être de passage et qui rappelle certaines variétés du porphyre rhombique de Norwège : elle est formée par le développement de grands cristaux de labrador dans une pâte grenue, légèrement rougeâtre, et elle se trouve au contact de la syénite et du mélaphyre : c'est du reste aussi au contact de la syénite zirconienne (1) que le porphyre rhombique est développé en Norwège, et la grande teneur en silice que j'ai trouvé pour la pâte s'accorde bien avec cette circonstance de son gisement : car généralement la teneur en silice des roches granitoïdes diminue dans les Vosges, quand on approche des limites de leur formation ; si on admet qu'il en est de même pour la syénite zirconienne, il serait facile d'expliquer par une pénétration de la roche plus moderne dans la roche plus ancienne la for-

---

(1) Durocher. Études sur le métamorphisme. Bulletin de la Société géologique de 1846, p. 599.

mation du *porphyre rhombique*, la présence de l'amphibole dans cette roche, tandis qu'elle ne se trouve pas généralement dans les autres mélaphyres, enfin sa teneur en silice qui est de 55 p. o/o et par conséquent plus grande que ne l'est généralement celle des roches à base de labrador.

Un fait d'ailleurs très-remarquable et sur lequel il importe d'insister, c'est que dans les roches de contact ou de *passage*, les cristaux de labrador du mélaphyre sont en plus petit nombre, et ce qui paraît presque paradoxal ils sont quelquefois beaucoup plus gros que dans le mélaphyre lui-même. Indépendamment de l'exemple qui vient d'être cité j'en ferai connaître un autre qui permet d'observer encore mieux ce fait : Près du Puix, au delà des Étangs-du-Bas, à la Bencinière, on trouve en effet quelques rares cristaux de labrador, très-bien caractérisés, ayant plus de 1 centimètre de largeur sur 5 centimètres de longueur et qui se sont développés dans une roche verte paraissant devoir être rapportée au terrain de transition modifié.

L'examen d'un très-grand nombre de variétés de la syénite peut permettre de déterminer indépendamment de toute idée théorique quel est approximativement l'ordre de leur formation ; il faut reconnaître cependant qu'à cet égard des erreurs peuvent être facilement commises à cause de la propriété qui vient d'être signalée, de laquelle résulte qu'un minéral peut se développer d'une roche plus moderne dans une roche voisine plus ancienne, postérieurement à la solidification de cette dernière et en affectant cependant dans ses cristaux des formes très-nettes.

Quoi qu'il en soit il m'a paru que tous les éléments

de l'orthose avaient dû se réunir d'abord, et que les cristaux d'orthose s'étaient formés en repoussant dans la pâte, ce qui n'était pas nécessaire à leur composition.

L'amphibole aurait peut-être cristallisé à peu près en même temps, et elle se serait développée surtout dans la pâte de la syénite porphyroïde; toutefois, sa cristallisation aurait précédé celle de l'andésite, car on observe souvent des cristaux d'amphibole très-nets, qui sont complétement entourés par de l'andésite. Enfin, le quartz a évidemment rempli les interstices laissés par les autres minéraux, et il s'est moulé d'une manière parfaite sur leurs cristaux, sans que leurs angles ou leurs arêtes aient cessé d'être très-vifs, et sans qu'ils paraissent aucunement avoir été émoussés ou avoir subi un ramollissement; mais il pénètre souvent les cristaux d'andésite, en se fondant avec eux, ce qui tient, peut-être, à ce qu'ils ne sont pas très-nettement cristallisés.

L'amphibole, l'andésite et même le quartz se trouvent quelquefois au milieu des cristaux d'orthose; toutefois, leur volume est alors toujours très-petit, comparativement à celui de l'orthose, tandis qu'il n'est pas rare de voir de très-gros cristaux de ce dernier entièrement entourés par de l'amphibole et surtout par de l'andésite. La présence de l'amphibole, de l'andésite et du quartz dans les cristaux d'orthose pourrait donc s'expliquer par la pénétration de la partie liquide dans les interstices laissés au milieu des cristaux, et par l'épuration incomplète de ces cristaux au moment de leur formation. Quant au sphène, ses cristaux, quoique très-petits, sont toujours très-nets; je les ai observés complets et avec toutes leurs facettes

développées symétriquement au milieu des autres minéraux, même dans l'orthose; ils ont, en outre, peu de fusibilité; il paraît donc probable qu'ils ont pris naissance dès l'origine de la cristallisation.

Le mica est en quantité trop petite pour qu'il soit possible d'être éclairé sur son ordre de formation ; sans prétendre qu'il se soit formé en même temps que l'amphibole, on peut dire seulement qu'il lui est associé, ses paillettes étant toujours à côté des cristaux d'amphibole ou même dans leur intérieur.

Je ferai remarquer que l'ordre dans lequel se succèdent les minéraux de la syénite n'est pas celui de leur fusibilité, c'est, du reste, ce qui a déjà été observé par MM. Fournet, de Boucheporn, Durocher et Scheerer et par les auteurs qui se sont occupés des roches granitoïdes.

Je terminerai sans entrer dans aucun détail sur le gisement de la syénite, car cette question a déjà été traitée, d'une manière aussi complète que possible, par MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont, dans l'Explication de la carte géologique de France ; je ferai seulement observer que cette syénite des ballons est caractérisée d'une manière très-nette, et qu'elle peut être considérée comme le type de la roche ; il serait facile par conséquent d'énumérer un grand nombre de localités (1) dans lesquelles on la retrouve avec une identité par-

---

(1) D'après plusieurs échantillons que j'ai examinés on trouverait à Plauenschen, près de Dresde et près de Freiberg, la variété de syénite avec andésite rouge de corail.

faite de caractère minéralogique, qui entraîne aussi l'identité de composition chimique.

(La suite prochainement.)

JURISPRUDENCE DES MINES,

USINES, ETC.

MINES. — RENONCIATIONS A DES CONCESSIONS.

La déclaration de renonciation à une concession de mines n'a d'effet que lorsqu'elle a été acceptée par un acte délibéré en conseil d'État et rendu dans les mêmes formes que la concession.

Tant que cette acceptation n'a pas eu lieu, le concessionnaire est libre de retirer sa déclaration et de rester propriétaire de la mine.

Les mines de Ferques ont été concédées par ordonnance du 27 janvier 1837 à MM. Frémicourt et compagnie.

Cette société, après avoir entrepris sans succès divers travaux de reconnaissance, résolut, en 1842, de se dissoudre, et elle chargea des commissaires liquidateurs de vendre la concession, ou d'y renoncer en son nom si l'on ne trouvait point d'acquéreurs.

Aucun acheteur ne s'étant en effet présenté, les commissaires ont adressé au préfet, le 22 octobre 1843, une déclaration de renonciation.

Des affiches et publications, annonçant cette déclaration, ont eu lieu conformément aux règles de la matière.

Durant l'instruction, un propriétaire du sol, qui faisait des fouilles dans sa propriété pour extraire de la marne, a découvert une masse de houille indiquant un gîte d'une certaine puissance.

Dans la pensée que la concession de Ferques était éteinte par la déclaration d'abandon, il a déposé, le 28 août 1845, à la préfecture, une demande tendant à obtenir une concession nouvelle, et il a formé avec plusieurs

personnes une association, sous le nom de société de Leulinghen.

Des demandes semblables ont presqu'en même temps été produites par une compagnie déjà concessionnaire des mines de houille de Fiennes, dans le voisinage, et par un autre propriétaire de terrain, qui avait aussi entrepris quelques recherches.

Pendant que ces demandes intervenaient, l'instruction locale concernant la renonciation de la société de Ferques avait suivi son cours. Le préfet a transmis, le 29 septembre 1845, à l'administration, les rapports des ingénieurs et son avis, tendant à l'acceptation de cette renonciation.

Deux jours après, le 1er octobre, il a adressé une nouvelle pièce qui venait de lui être remise par deux des commissaires liquidateurs, et dans laquelle ils annonçaient qu'ils retiraient leur première déclaration.

Ces commissaires exposaient que, tout récemment et par le fait seul du hasard, des laboureurs avaient constaté l'existence, dans le périmètre concédé, de masses de houille paraissant appartenir à un bassin susceptible d'exploitation; que, dans ces circonstances, la compagnie avait l'intention de reprendre les travaux.

L'administration ignorait alors que des demandes en concession, pour ces mêmes mines, eussent été déposées à la préfecture. Et comme d'ailleurs il n'y avait point eu encore de décision sur la renonciation, elle écrivit au préfet que celle ci pouvait être regardée comme non avenue, du moment que la compagnie la retirait; que seulement il convenait d'en prévenir le public par des affiches, et de mettre la société de Ferques en demeure de se livrer à une reconnaissance complète et à l'exploitation du gîte.

La compagnie de Leulinghen a, sur ces entrefaites, adressé au ministre des travaux publics une réclamation portant qu'elle s'opposait au retrait de la renonciation de la société de Ferques.

On a pensé que, sans rien préjuger sur ces difficultés, il convenait néanmoins d'ajourner les affiches.

En même temps, le préfet a été invité à transmettre, avec toutes les pièces, les rapports des ingénieurs et son avis sur le nouvel état de l'affaire.

Dans l'intervalle, les commissaires liquidateurs de la société de Ferques ont actionné devant le tribunal de

Boulogne plusieurs des propriétaires du sol pour avoir extrait de la houille dans la concession.

Le tribunal, considérant qu'il y avait là une question préjudicielle du ressort de l'autorité administrative, celle de savoir si la concession subsistait nonobstant la première déclaration de renonciation, a sursis à prononcer sur la plainte.

Les commissaires en ont appelé devant le tribunal de Saint-Omer, qui a infirmé la sentence des premiers juges.

Mais la cour de cassation, par arrêt du 6 juin 1846, a annulé le jugement du tribunal de Saint-Omer, par le motif qu'il ne pouvait appartenir qu'à l'administration de statuer sur l'effet légal des actes qui avaient eu lieu.

Dans ses mémoires, devant l'autorité administrative, la société de Ferques a soutenu que, tant que la renonciation n'a pas été acceptée par le gouvernement, le concessionnaire est libre de la retirer.

Elle s'est appuyée, à cet égard, sur l'un des articles mêmes de l'ordonnance de la concession de Ferques, lequel, prévoyant le cas de renonciation, a énoncé que celle-ci ne serait valable qu'après cette acceptation.

La société ajoutait que, puisqu'un acte de la puissance publique a été reconnu nécessaire pour donner un effet à la renonciation, les choses restaient entières pour le concessionnaire et les tiers, tant que l'acte d'acceptation n'était point intervenu.

Elle faisait aussi observer que sa dissolution n'avait pas été consommée; qu'elle avait seulement nommé des liquidateurs, et qu'aux termes du droit commun, la liquidation d'une société continue et représente la société elle-même, qui reste libre de se reconstituer.

D'un autre côté, les compagnies adverses objectaient que la déclaration d'abandon de la concession ayant été portée à la connaissance du public, les propriétaires du sol avaient dû croire que cette concession n'existait plus;

Que si les actes de concession disposent que les renonciations ne seront valables que lorsqu'elles auront été acceptées par l'administration, ces dispositions ont uniquement en vue de garantir les intérêts des créanciers qui pourraient avoir hypothèque sur la mine; mais que le concessionnaire qui a volontairement renoncé à son titre en est, par cela même, désisté de plein droit, et qu'il ne dépend plus de lui de retirer sa renonciation,

laquelle se trouve consommée du jour où la déclaration d'abandon a été publiée et a fait surgir des intérêts nouveaux.

Enfin, ces compagnies soutenaient que la société de Ferques était réellement dissoute depuis plusieurs années, et qu'ainsi la concession ne pouvait plus redevenir sa propriété ; que si une société nouvelle avait été formée par les commissaires liquidateurs, cette nouvelle société ne pouvait être regardée comme la continuation de l'ancienne ; qu'elle devait seulement être admise à se présenter comme demandeur en concurrence avec les autres prétendants, etc.

La question de savoir si la société de Ferques, comme étant déjà en liquidation, pouvait faire revivre son premier contrat d'association, ou si elle serait obligée de se reconstituer, ne se trouvait point à examiner par l'administration. C'était là une question judiciaire étrangère au fond du débat.

Ce qui était hors de doute, c'est que les commissaires liquidateurs avaient qualité, en vertu de leur mandat, pour faire tous actes qu'ils jugeaient être de l'intérêt de la société dont ils étaient fondés de pouvoirs ; car de même qu'ils avaient pu renoncer en son nom à la concession, ils pouvaient aussi valablement se présenter pour retirer leur déclaration.

L'unique point à résoudre était celui-ci :

La renonciation à une concession opère-t-elle d'elle-même, de plein droit, la dépossession du concessionnaire, ou faut-il, pour qu'elle ait son effet, qu'elle ait été acceptée, et jusque-là le concessionnaire est-il libre de la retirer ?

On a décidé qu'il le pouvait, que tant qu'il n'y avait pas eu, de la part de l'autorité, acceptation de la renonciation, il était maître de revenir sur sa première déclaration.

Voici les motifs qui, conformément à l'avis du conseil général des mines, ont déterminé cette décision.

La déclaration que fait un concessionnaire, de son intention de délaisser sa concession, n'a rien en soi de définitif ; il ne s'engage pas irrévocablement par cette déclaration, puisqu'elle est subordonnée à l'appréciation du pouvoir administratif.

Une concession de mines est une sorte de contrat entre

celui qui est investi de la propriété du gîte et le gouvernement qui le lui a concédé.

Elle impose au concessionnaire des conditions, des charges, les unes en vue de l'intérêt général, les autres dans l'intérêt des tiers. Ces conditions et charges, il ne peut s'en affranchir à sa seule volonté: pour qu'il soit délié de ses obligations, il faut l'intervention de l'autorité même qui a institué la concession, que celle-ci soit révoquée ou annulée par le pouvoir compétent.

Diverses mesures pour la sûreté publique, pour la sécurité des propriétaires de la surface, peuvent être à exiger du concessionnaire avant qu'il abandonne la mine. Il importe que la situation des ouvrages souterrains soit constatée par une description exacte, afin d'éviter les accidents, et pour qu'un jour, si d'autres viennent à reprendre l'exploitation, on puisse reconnaître quelles sont les fouilles qui ont été opérées, dans quel état le gîte se trouvait à l'époque où on l'a délaissé.

Des hypothèques, en outre, ont pu être prises sur la mine par des créanciers. Il est donc, sous ce rapport, encore indispensable, avant que l'abandon soit définitivement consacré, d'avertir le public, de mettre tous les intéressés à même d'être entendus.

C'est pourquoi, dans les actes de concession, on insère une clause qui, prévoyant les cas de renonciation, porte que le concessionnaire devra s'adresser, par voie de pétition, au préfet; qu'il devra joindre à sa demande un plan et un état descriptif de ses exploitations, ainsi qu'un certificat du conservateur des hypothèques attestant qu'il n'existe point d'inscriptions sur la mine, ou le consentement des personnes inscrites à lever ces hypothèques; que, quand ces pièces auront été fournies, la pétition sera publiée et affichée pendant quatre mois, dans les lieux et suivant les formes déterminées par la loi du 21 avril 1810 pour les demandes en concession de mines; que les oppositions, s'il s'en présente, seront reçues et notifiées comme l'indique l'article 26 de ladite loi, et que la renonciation ne sera valable que lorsque, après cette instruction préalable, l'acceptation en aura été faite par un acte délibéré en conseil d'Etat.

Or, puisque certaines formalités, certains délais doivent être et sont ainsi prescrits, que jusqu'à leur accomplissement la concession n'est point abrogée, il est

évident que le concessionnaire en reste propriétaire. De même qu'il continue de payer les redevances à l'Etat, les indemnités tréfoncières, de même il doit continuer à jouir du bénéfice de son titre. Bien qu'il ait déclaré l'intention de renoncer, il peut encore revenir sur cette déclaration, vendre la mine ou la conserver, suivant ce qu'il juge être de son intérêt.

On ne saurait se montrer plus rigoureux envers le concessionnaire dont la renonciation est volontaire qu'à l'égard du concessionnaire qui a encouru par sa faute la déchéance. Ce dernier peut, aux termes de l'article 6 de la loi du 27 avril 1838, arrêter la dépossession jusqu'au jour de l'adjudication de la mine, en acquittant les taxes dues et en s'engageant à reprendre les travaux. Le concessionnaire qui renonce volontairement doit, à plus forte raison, avoir la faculté de retirer sa renonciation, puisqu'il n'est pas, comme le concessionnaire déchu, déjà dépossédé.

Du reste, pour prévenir le retour de semblables difficultés, l'administration a reconnu qu'il conviendrait, à l'avenir, d'énoncer expressément dans les affiches, relatives aux renonciations de concessions, que ces renonciations n'ont d'effet que lorsqu'elles ont été acceptées par un acte rendu dans les mêmes formes que la concession. Dans tous les cas, c'est à ceux qui veulent entreprendre des recherches dans un terrain, à s'enquérir d'abord des droits qu'ils peuvent avoir. Et, dans l'espèce actuelle, les propriétaires du sol devaient bien savoir que la renonciation de la société de Ferques ne pouvait être définitive qu'après son acceptation, puisque cette clause avait été formellement exprimée dans le cahier des charges de la concession, qui était déposé à la préfecture du département et dont chacun pouvait facilement prendre connaissance.

Par toutes ces considérations, une décision du ministre des travaux publics, du 21 juin 1847, a ordonné qu'il serait procédé aux affiches et publications de la déclaration des commissaires liquidateurs de la société de Ferques, portant qu'ils se désistaient de leur première renonciation, laquelle se trouvait dès lors regardée comme non avenue.

Mines. — Concessions. — Indemnités pour droit d'invention.

C'est par l'acte de concession que, aux termes de l'article 16 de la loi du 21 avril 1810, doivent être réglées les indemnités dues pour droit d'invention de la mine, quand il existe un inventeur.

Lorsqu'un tiers, qui n'a point figuré dans l'instance, intervient ensuite et se présente comme inventeur, c'est également par un acte délibéré en conseil d'État, comme l'acte même de concession, qu'il doit être statué sur sa réclamation.

Une ordonnance du 27 avril 1838 a concédé à MM. Paliopy et Ribes des mines d'antimoine, plomb, cuivre et autres métaux, situées au col de la Bousole, département de l'Aude.

Une première demande en concession avait été formée en 1835 par M. Fabre. Il n'y fut pas donné suite, parce qu'elle ne contenait que de vagues indications, et qu'elle n'était pas appuyée des justifications requises.

MM. Paliopy et Ribes, au contraire, ayant exécuté les travaux de reconnaissance nécessaires et satisfait aux conditions exigées, la concession leur a été accordée après l'accomplissement des formalitées prescrites par la loi.

M. Fabre, qui avait gardé le silence pendant tout le cours de l'instruction, s'est pourvu en 1840, par la voie contentieuse, comme tiers opposant à l'ordonnance de 1838.

Il a prétendu être l'inventeur du gîte, et a réclamé, à ce titre, une indemnité.

Une ordonnance du 18 mars 1843 a admis son opposition, et l'a renvoyé devant le ministre des travaux publics pour faire statuer sur sa prétention d'inventeur et déterminer la quotité de l'indemnité qui pourrait lui être due en cette qualité.

Des mémoires ont été respectivement produits par les parties.

Il est résulté des renseignements recueillis et des rapports des ingénieurs et du préfet que M. Fabre s'attribuait à tort la découverte des mines de la Bousole;

que ces mines étaient depuis longtemps connues; que les nouvelles explorations pour en reconnaître le gisement avaient été exécutées, quelques années avant la concession, par des habitants de la localité, et que c'étaient MM. Paliopy et Ribes, auxquels ces habitants ont cédé leurs droits, qui avaient continué les travaux.

La réclamation de M. Fabre a, en conséquence et conformément à l'avis unanime des ingénieurs, du préfet et du conseil général des mines, été rejetée par une décision du ministre, du 6 juin 1844.

M. Fabre a réclamé de nouveau. Il s'est pourvu au contentieux contre ladite décision.

L'annulation en a été prononcée par ordonnance du 23 novembre 1847, sur le motif qu'il aurait dû être statué dans les formes indiquées en l'article 23 de la loi du 21 avril 1810, c'est-à-dire par un acte délibéré en conseil d'Etat.

L'administration avait pensé qu'il lui appartenait de prendre la décision du 6 juin 1844. L'ordonnance du 18 mars 1843, qui avait renvoyé l'affaire au ministre des travaux publics, semblait en effet lui en déférer également le jugement.

Mais, d'un autre côté, il est à considérer qu'aux termes de l'article 16 de la loi de 1810, c'est par l'acte de concession que doivent être réglées les indemnités dues pour droit d'invention, quand il existe un inventeur de la mine.

Si les prétentions à l'invention, produites durant l'instance, sont reconnues mal fondées, c'est encore l'acte de concession qui statue implicitement à cet égard, en n'attribuant aux réclamants aucune indemnité.

Or maintenant, lorsqu'après que la concession est établie, un tiers, qui n'a point figuré dans l'instance, vient à se présenter comme inventeur, on conçoit que c'est pareillement par un acte délibéré en conseil d'Etat qu'il convient de prononcer sur sa réclamation; que cela est plus en harmonie avec l'article 16 de la loi, avec les règles de la matière.

Ce sont ces considérations qui ont déterminé à annuler la décision ministérielle du 6 juin 1844.

Par suite de cette annulation, un projet tendant à rejeter la demande d'indemnité de M. Fabre pour droit

d'invention a été préparé et soumis à l'examen du conseil d'Etat, qui l'a adopté.

Un arrêté en ce sens a été rendu, le 10 mai 1848 (1), par le membre du gouvernement provisoire, ministre des travaux publics, l'affaire rentrant d'ailleurs dans la classe de celles qui, comme étant d'administration courante, pouvaient, d'après le décret du 2 mars précédent (2), être valablement décidées par le ministre du département auquel ces affaires ressortissent.

Minières de fer.

Concurrence entre plusieurs maîtres de forges pour l'exploitation du minerai dans un même fonds.— Application de l'article 64 de la loi du 21 avril 1810.

Madame de la Vieuville, propriétaire de minières de fer dites *du bois de Butte*, dans le département de la Moselle, s'est pourvue, en 1846, au conseil d'État, contre un arrêté du préfet, du 16 janvier de ladite année, qui avait déterminé les proportions suivant lesquelles l'usine de Villerupt qui lui appartient, et trois autres usines du voisinage auraient droit de participer aux produits de la minière.

Depuis, madame de la Vieuville étant décédée, ses héritiers se sont désistés du pourvoi.

Par ce désistement, ils ont reconnu eux-mêmes que la réclamation n'était pas fondée.

En effet, l'arrêté attaqué était l'exécution de l'article 64 de la loi du 21 avril 1810, lequel porte qu'en cas de concurrence entre plusieurs maîtres de forges pour l'exploitation dans un même fonds, le préfet règlera, sur l'avis de l'ingénieur des mines, les proportions dans lesquelles chacun d'eux pourra exploiter, ou aura droit à l'achat du minerai s'il est exploité par le propriétaire. Et il a été établi par un grand nombre de décisions, dont il a déjà été rendu compte dans ce recueil, que cette disposition s'applique également au cas où le propriétaire

(1) Voir cet arrêté, page 770.
(2) Voir ce décret, page 805.

de la minière est lui-même maître de forges; qu'assurément ce propriétaire a la faculté de prendre part aux produits de la minière pour ses propres besoins, mais qu'il doit aussi fournir à l'alimentation des usines voisines ; qu'en un mot la qualité de propriétaire de minière et celle de maître de forges sont deux qualités entièrement distinctes, qui imposent des obligations et confèrent des droits différents. Autrement, il suffirait à un maître de forges d'acheter les divers terrains à mines d'une localité pour accaparer à son profit le minerai et détruire ainsi toute concurrence. C'est ce que la loi n'a pas voulu.

Un décret du 15 mai 1848 (1), du Gouvernement provisoire de la République, a donné acte aux héritiers de la Vieuville de leur désistement.

Minières de fer.

Application du même article 64 *de la loi du* 21 *avril* 1810, *et de l'article* 65.

Par l'arrêté du 16 janvier 1846, mentionné dans la précédente notice, le préfet de la Moselle avait fixé les proportions suivant lesquelles les quatre usines situées près des minières du bois de Butte auraient droit de participer aux produits de cette minière.

Le fondé de pouvoir de madame de la Vieuville ayant déclaré son intention d'exploiter lui-même le minerai, un arrêté du préfet, du 22 avril 1846, l'a autorisé à opérer cette exploitation, en lui imposant la condition de livrer ce minerai aux quatre usines dont, par le précédent arrêté du 16 janvier, il avait réglé les approvisionnements.

Les héritiers la Vieuville se sont aussi pourvus au conseil d'État contre l'arrêté du 22 avril, et ont pareillement ensuite renoncé à leur pourvoi.

L'arrêté du 22 avril n'était effectivement, comme le premier, que l'application des dispositions de la loi du 21 avril 1810, relatives aux minerais de fer d'alluvion.

Le propriétaire du terrain dans lequel ces minerais

---

(1) Voir ce décret, ci-après, page 772.

existent, est tenu de les extraire ou de laisser les maîtres de forges opérer cette extraction à sa place. S'il déclare vouloir exploiter lui-même, l'arrêté qui lui accorde cette autorisation doit alors déterminer, aux termes de l'article 64 de la loi, les quantités du minerai qu'il devra fournir aux usines du voisinage, et le prix en est réglé, d'après l'article 65, de gré à gré entre ce propriétaire et les autres maîtres de forges, ou par des experts choisis ou nommés d'office.

Il a été également donné acte aux héritiers la Vieuville de leur désistement, par un décret du 15 mai 1848 (1), du Gouvernement provisoire.

MINES. — SOURCES ET PUITS D'EAU SALÉE.

Les concessionnaires de sources et puits d'eau salée doivent, lorsqu'ils se bornent à l'exploitation desdits puits et sources, jouir de l'exemption de patente accordée, tant par la loi du 21 *avril* 1810 *que par la loi spéciale sur les patentes, du* 25 *avril* 1844.

Cette règle, qui a été consacrée par deux ordonnances du 20 août 1847 (2), a été appliquée de nouveau par une ordonnance du 3 janvier 1848 (3) et un décret du Gouvernement provisoire de la République, du 21 avril suivant (4), lesquels ont annulé deux arrêtés du conseil de préfecture des Basses-Pyrénées qui avaient maintenu MM. Naël et Moreau aux rôles des patentes des communes de Salies et Briscous, pour 1845 et 1847, en qualité de raffineurs de sel.

Dans ces deux espèces, MM. Naël et Moreau ont fait remarquer qu'ils se bornaient à opérer par l'évaporation le dégagement du sel de l'élément liquide, et l'instruction a démontré en effet qu'ils se livraient uniquement à cette opération.

---

(1) Voir ce décret, p. 773.

(2) Voir la notice et les deux ordonnances du 20 août 1847, insérées dans les Annales des mines, 4ᵉ série, tome XII, p. 658, 699 et 700.

(3) Voir cette ordonnance, ci-après, p. 730.

(4) Voir ce décret, ci-après, page 762.

En ces circonstances, il a paru qu'il y avait lieu de les faire jouir de l'exemption accordée par la législation aux concessionnaires de mines pour le fait de l'extraction et de la vente des matières par eux extraites.

Toutefois, en prononçant le dégrèvement en faveur de M. Naël de la patente à laquelle il avait été indûment assujetti sous la qualification de raffineur de sel, il a été décidé qu'il serait imposé au droit fixe afférent à la profession de marchand de vins en gros qu'il exerçait dans une autre commune, droit fixe auquel il n'avait pu être soumis précédemment, à raison du droit supérieur de raffineur de sel, qui avait été mis à sa charge.

Sel. — Marais salants.

Les propriétaires de marais salants, qui, avant de livrer au commerce le sel extrait de leurs salines, le font pulvériser au moyen d'un moulin, sans le soumettre à aucun raffinage, doivent jouir de l'exemption de patente prononcée par l'art. 13 *de la loi du* 25 *avril* 1844.

M. Agard, négociant à Marseille, est gérant de la société des salines de Berre.

Porté, en 1845, au rôle des patentes de cette commune, en qualité de raffineur de sel, il a demandé à être dégrevé de la taxe qui lui avait été imposée. Il a invoqué le bénéfice de l'exemption prononcée par l'article 13 de la loi du 25 avril 1844, en faveur des propriétaires ou fermiers des marais salants.

Un arrêté du conseil de préfecture des Bouches-du-Rhône, en date du 4 décembre 1845, a rejeté sa réclamation, par le motif que le sel n'était pas vendu tel qu'il était extrait des marais salants, mais qu'on lui faisait subir des manipulations qui exigeaient l'emploi d'un moulin mû par la vapeur et qui avaient de l'analogie avec les opérations auxquelles se livre le raffineur de sel.

M. Agard s'est pourvu contre cet arrêté devant le conseil d'Etat. Il a exposé qu'il se bornait, au moyen du

moulin dont on parlait, à faire broyer sur le terrain le sel recueilli, attendu que ce sel, soumis à l'influence du soleil du Midi, était naturellement pur et d'une entière blancheur. Il a ajouté que cette préparation était faite uniquement dans l'intérêt des consommateurs; qu'elle ne comportait aucun des procédés employés pour le raffinage; que, dès lors, on ne pouvait le considérer comme un raffineur de sel.

M. le ministre des finances, consulté sur le mérite du pourvoi, a pensé que M. Agard avait été maintenu à tort à la contribution dont il s'agit.

Le conseil d'État a partagé cet avis, l'instruction lui ayant fait reconnaître que le requérant n'exerçait point la profession de raffineur de sel : il lui a paru que M. Agard, représentant une compagnie qui était propriétaire des marais salants exploités, devait jouir de l'exemption accordée par le quatrième paragraphe de l'article 13 de la loi du 25 avril 1844 aux propriétaires ou fermiers de marais salants.

Une ordonnance du 31 mars 1847 (1), statuant dans ce sens, a annulé l'arrêté attaqué, et a fait remise à M. Agard du droit de patente auquel il avait été soumis dans la commune de Berre, en qualité de raffineur de sel, pour l'exercice 1845.

Tourbières. — Patente.

Sous l'empire de la loi du 25 avril 1844, les exploitants de tourbières doivent être soumis à la patente, sans distinction entre ceux qui exploitent dans leur propre fonds et ceux qui exploitent dans le fonds d'autrui.

M. Cornet d'Hunval, propriétaire à Argœuvres, département de la Somme, s'est pourvu contre un arrêté du conseil de préfecture, en date du 10 novembre 1845, qui l'a maintenu à la patente, pour 1845, en qualité d'exploitant de tourbières.

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, p. 723.

Le requérant soutenait qu'étant propriétaire du fonds où était extraite la tourbe qu'il livrait à la consommation, il devait jouir de l'exemption accordée par l'article 29 de la loi du 1er brumaire an VII aux laboureurs et cultivateurs pour la vente des récoltes et fruits provenant de leurs terrains.

Cette loi ne soumettait pas, il est vrai, les exploitants de tourbières à la patente, et, en présence du silence qu'elle gardait à leur égard, on avait cru devoir leur appliquer le bénéfice de la disposition qu'elle portait en faveur des agriculteurs faisant valoir leurs champs. C'est ainsi notamment qu'il a été jugé, en 1836, dans une espèce dont il a été rendu compte dans les Annales des mines (1).

Mais, depuis, une loi nouvelle, celle du 25 avril 1844, est intervenue. Cette loi déclare, d'une manière explicite, que les exploitants de tourbières sont assujettis à la patente déterminée par le tableau C qui s'y trouve annexé, et elle n'établit aucune distinction entre ceux qui exploitent dans leur propre fonds et ceux qui exploitent dans le fonds d'autrui.

En conséquence la requête de M. Cornet d'Humval a été rejetée par une ordonnance du 17 décembre 1847 (2).

USINES. — FONDERIE. — CONTRIBUTION DES PORTES ET FENÊTRES.

Une fonderie qui fonctionne principalement à l'aide des Éléments, et dans laquelle, par conséquent, la main de l'homme ne prend qu'une part secondaire à la création des produits, n'est pas une manufacture, *mais une* usine, *et, à ce titre, elle doit être soumise à la contribution des portes et fenêtres, conformément aux dispositions de la loi du 4 frimaire an VII.*

MM. Vivaux, maîtres de forges, ont été assujettis,

---

(1) Voir 3e série, t. X, p. 600.

(2) Voir cette ordonnance, ci-après, p. 728.

pour 1845, à la contribution des portes et fenêtres, à raison de la fonderie qu'ils exploitent dans la commune de Dammarie, département de la Meuse.

Ils ont demandé à être dégrevés de cet impôt : ils soutenaient que leur établissement était une manufacture et, comme tel, devait jouir de l'exemption prononcée par l'art. 19 de la loi du 4 germinal an XI (1).

Mais un arrêté du conseil de préfecture, du 16 décembre 1845, a repoussé cette réclamation, par le motif que la fonderie dont il s'agissait rentrait dans la classe des usines pour lesquelles la contribution des portes et fenêtres est due aux termes de l'art. 2 de la loi du 4 frimaire an VII (2).

MM. Vivaux se sont pourvus contre cet arrêté.

Le mot *manufacture*, ont-ils dit, porte en lui-même son explication : c'est un lieu où le travail se fait à la main avec le concours d'un grand nombre de bras. Or, c'est là précisément le caractère de notre établissement où la plus grande partie du travail se fait à la main, à l'aide d'un nombreux personnel. Il y a, en effet, dans notre industrie, deux opérations bien distinctes : la création de la fonte brute, et la confection qu'elle reçoit dans les ateliers des mouleurs. Là, elle se manufacture, c'est-à-dire qu'elle prend une infinité de destinations et de faces, toutes obtenues par la main seule de l'ouvrier et sans le secours de la moindre machine; le travail du haut-fourneau n'exige que deux fondeurs et deux chargeurs, dont moitié seulement est de fournée, tandis qu'il faut employer au moulage seul cent ouvriers. Ainsi les nombreuses fenêtres, ouvertes au devant et au-dessus des mouleurs, sont établies uniquement pour eux, dans un but humanitaire prévu par la loi, c'est-à-dire, pour leur procurer l'air et la lumière que réclament la précision de leur travail et le coup de feu de la coulée. A ce titre,

---

(1) Loi du 4 germinal an XI, art. 19 : « Les propriétaires des *manufactures* ne seront taxés que pour les fenêtres de leurs habitations » personnelles et de celles de leurs concierges et commis. En cas de dif- » ficultés sur ce que l'on doit considérer comme manufactures, il y » sera statué par le conseil de préfecture. »

(2) Cet article est ainsi conçu : « Cette contribution est établie sur les » portes et fenêtres donnant sur les rues, cours ou jardins des bâti- » ments et *usines*, sur tout le territoire de la République. »

elles doivent donner lieu à l'exemption accordée par la loi du 4 germinal an XI, pour les fenêtres des manufactures, et cela avec d'autant plus de raison que l'art. 64 de la loi du 25 mars 1817 range les fonderies au nombre des manufactures.

M. le Ministre des finances a répondu que l'argument tiré de l'art. 64 de la loi du 25 mars 1817 n'avait aucune valeur, que cet article s'appliquait spécialement aux patentes et qu'on ne pouvait en tirer aucune induction pour ce qui concernait l'impôt des portes et fenêtres. Il a ajouté que, d'après les règles de la matière, on devait entendre par usines les établissements qui fonctionnent principalement à l'aide des éléments ou dans lesquels les éléments sont employés comme l'agent le plus actif de la fabrication. Or, dans l'établissement de MM. Vivaux, si la main de l'homme prend une part fort active à la création des produits, cette part n'en est pas moins secondaire par rapport à celles qu'y prennent les éléments. Cet établissement est donc une *usine*, et comme, suivant la loi du 4 frimaire, an VII, les portes et fenêtres des usines sont imposables, c'est avec raison que le conseil de préfecture a maintenu la taxe de MM. Vivaux.

Une ordonnance du 29 janvier 1847 (1) a statué conformément à ces conclusions, en rejetant la requête dont il s'agit.

Autre espèce.

M. Colas exploite, dans la commune de Moutier-sur-Saulx, département de la Meuse, une fonderie qui compte sept portes cochères et deux cent quarante fenêtres ou ouvertures, et occupe habituellement soixante-dix ouvriers.

Imposé, en 1843 et 1844, à la contribution des portes et fenêtres pour cette fonderie, il a présenté une demande en dégrèvement, dans laquelle il invoquait le bénéfice de l'exemption prononcée par l'art. 19 de la loi du 4 germinal an XI en faveur des manufactures.

Une expertise ayant été prescrite, les experts ont pensé qu'il y avait lieu d'accueillir cette demande, attendu l'extrême importance du travail manuel des ou-

---

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, p. 722.

vriers dans l'établissement, comparativement au travail des machines. Mais le conseil de préfecture en a jugé différemment : il lui a paru que les éléments et les machines constituaient, dans l'espèce, l'agent principal de fabrication, et il a refusé d'accorder à M. Colas décharge de la taxe dont il s'agit.

Un pourvoi a été formé contre l'arrêté intervenu à ce sujet.

M. Colas y exposait que sur vingt salles ou ateliers dont se composait son établissement, deux ou trois seulement renfermaient des machines mues par l'eau et le feu ; que tous les autres emplacements étaient occupés par des ouvriers mouleurs, ajusteurs, ébarbeurs, serruriers, menuisiers, etc., de telle sorte que sur soixante-dix ouvriers employés, soixante-quatre au moins travaillaient de leurs mains, c'est-à-dire *manufacturaient*, selon le sens étymologique du mot, en se livrant à l'exécution d'ouvrages qui, aux yeux des experts, constituaient » des opérations successives, longues, multipliées, et dont » la délicatesse rappelle les opérations de la sculpture, » ouvrages faits uniquement avec la main de l'homme et » à l'aide d'instruments divers. » C'est à peine, ajoutait M. Colas, si quatre ouvriers au plus étaient préposés à la surveillance des machines. En ces circonstances, il soutenait que la fonderie de Moutier réunissait tous les caractères qui, d'après la loi spéciale, constituent une manufacture, puisqu'elle employait le plus grand nombre de ses ouvriers à la conversion de la fonte, mise en fusion, en produits manufacturés.

M. le ministre des finances a combattu ce pourvoi. Il a fait observer que le travail manuel n'est que très-secondaire dans toutes les fonderies de métaux; que les machines et les éléments sont les agents principaux de la fabrication; qu'on ne saurait, dès lors, considérer ces établissements comme des manufactures; et, rappelant la décision rendue dans l'affaire Vivaux dont il est question ci-dessus, il a conclu à ce que la même doctrine fût appliquée à l'égard de l'espèce actuelle, qui est identique.

Le conseil d'État a adopté ces conclusions. Une ordonnance en date du 15 février 1848 a, en conséquence, rejeté la requête de M. Colas (1).

---

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, p. 743.

FORGES ORDINAIRES (ATELIERS DE FORGE ET D'AJUSTAGE). —MACHINES A VAPEUR A HAUTE PRESSION.—FOURNEAUX POUR LA FUSION DU FER ET DU CUIVRE, DEUXIÈME FUSION.

Les ateliers de forge et d'ajustage ne sont pas, de même que les forges de grosses œuvres, compris au nombre des établissements incommodes : ce sont de simples forges ordinaires, qui peuvent être élevées sans aucune permission.

L'établissement d'une machine à vapeur à haute pression et de fourneaux pour la fonte du fer . du cuivre, deuxième fusion, peut être autorisé dans le voisinage des habitations, moyennant certaines conditions propres à en diminuer les inconvénients.

MM. Cotton frères ont demandé au préfet de la Charente-Inférieure l'autorisation d'établir dans un bâtiment dont ils sont propriétaires rue Saint-Léonard, nº 16, à la Rochelle : 1° un atelier de forge et d'ajustage ; 2° une machine à vapeur à haute pression, de la force de six chevaux ; 3° deux fourneaux pour la fonte du fer et du cuivre.

Cette autorisation leur a été refusée par un arrêté du 2 décembre 1845, ainsi conçu :

« Nous, préfet du département de la Charente-Inférieure;

» Vu la demande des sieurs Cotton frères, tendant à obtenir l'autorisation de faire placer dans un local situé rue Saint-Léonard, à la Rochelle, une chaudière à vapeur à haute pression, de la force de six chevaux, laquelle mettrait en mouvement les tours et autres machines de l'établissement qu'ils se proposent de former principalement pour la forge, l'ajustage et la fonte du fer et du cuivre;

» Vu le procès-verbal de l'enquête ouverte à l'occasion de ce projet, lequel contient un très-grand nombre d'oppositions et particulièrement celles des médecins et du sous-intendant chargés du service de l'hôpital militaire;

» Vu l'avis de M. l'ingénieur en chef des ponts-et-chaussées et celui de M. le maire de la Rochelle;

» Vu le décret du 15 octobre 1810, l'ordonnance royale du 14 janvier 1815 et celle du 5 novembre 1826;

» Considérant que les motifs sur lesquels ces oppositions

sont appuyées paraissent fondés; qu'il y a incompatibilité surtout entre le voisinage d'un semblable établissement et l'existence d'un hôpital militaire, dont les malades seraient fortement incommodés par le bruit de tous les instants qui serait la suite du travail dans cette usine, et par les exhalaisons qui s'en échapperaient;

» Arrêtons :

» Il est interdit aux sieurs Cotton frères d'établir, dans le local indiqué par eux, *une usine de grandes œuvres*, disposée en outre pour la fonte du fer et du cuivre. Il leur est également interdit de placer dans ce local une chaudière à vapeur quelconque, pour servir soit à mettre en mouvement les tours et autres machines de l'établissement, soit à faire fonctionner un ventilateur, soit à tout autre usage. »

MM. Cotton se sont pourvus contre cette décision devant le conseil d'État. L'arrêté attaqué, ont-ils dit, ne repose que sur une équivoque : il leur interdit de placer dans leur local de la rue Saint-Léonard *une usine de grosses œuvres*, et ils n'avaient demandé l'autorisation d'y établir qu'un simple atelier de forge et d'ajustage. Or, un atelier de cette nature n'est autre qu'une forge ordinaire, et les forges ordinaires ne sont pas rangées dans la classe des établissements incommodes. Ce n'est que surabondamment qu'ils avaient demandé pour cet atelier une autorisation qui n'était nullement nécessaire.

Quant à la machine à vapeur de la force de six chevaux, elle ne fonctionne jamais à une pression supérieure à quatre atmosphères; sa situation, d'ailleurs, sera un sûr garant de l'absence de toute espèce de dangers : placée au milieu d'une cour, enfouie dans la terre, entourée de toutes parts et séparée des habitations et de la voie publique par des ateliers ayant plus de 5 mètres de profondeur; elle présentera évidemment, sous le rapport de la sécurité, toutes les garanties désirables. Enfin les fourneaux destinés à la fonte du fer et du cuivre n'offriront pas non plus des inconvénients. On n'y brûlera que du coke, et, dès lors, pas de fumée. De même, point d'exhalaisons nuisibles à redouter, car il s'agit de fourneaux de deuxième fusion, et d'ailleurs la fonte doit avoir lieu dans des ateliers fermés.

MM. Cotton ont conclu, d'après ces diverses considérations, à ce que la disposition qui leur interdisait d'éle-

ver une usine de grosses œuvres, alors qu'un simple atelier de forge et d'ajustage était projeté, fût considérée comme non avenue, et à ce que l'établissement de la machine à vapeur et des fourneaux pour la fonte du fer et du cuivre fût autorisé. Ils faisaient du reste remarquer que les avis de l'ingénieur en chef des ponts-et-chaussées et du maire de la Rochelle avaient été favorables à cette demande, et que le préfet y aurait très-probablement fait droit, s'il n'eût été préoccupé, ainsi que les opposants l'avaient été eux-mêmes, de cette pensée qu'on se proposait de construire une forge de grosses œuvres.

M. le ministre de l'agriculture et du commerce, à qui la requête de MM. Cotton a été communiquée, a pensé qu'elle devait être accueillie.

Aux termes des règlements, les forges dites *de grosses œuvres* sont rangées dans la deuxième classe des établissements incommodes; mais celles où l'on ne fait pas usage de moyens mécaniques pour mouvoir soit les marteaux, soit les masses soumises au travail, ne sont pas comprises au nombre de ces établissements.

Dans l'espèce, il résultait de la demande originaire de MM. Cotton frères et des déclarations contenues dans leur pourvoi, qu'ils se proposaient de créer simplement un atelier de forge et d'ajustage, qui n'avait pas besoin, pour être établi, d'une permission de l'autorité administrative.

En ce qui concernait le refus d'autorisation relatif à la machine à vapeur et aux deux fourneaux pour la fusion du fer et du cuivre, établissements qui se trouvent dans la deuxième classe des ateliers insalubres ou incommodes, le conseil d'Etat a reconnu, d'après les renseignements fournis par l'instruction, cette machine et les fourneaux pouvaient être permissionnés, moyennant l'accomplissement de certaines mesures propres à garantir les intérêts des propriétaires et habitants voisins contre les inconvénients qui seraient à craindre.

Un décret du Gouvernement provisoire, en date du 6 mai 1848 (1), fondé sur les motifs qui précèdent, a annulé l'arrêté du préfet de la Charente-Inférieure, du 2 décembre 1845. Le même arrêté a, en outre, autorisé MM. Cotton à établir dans leur propriété sise à la Rochelle, et sous les conditions qui seront déterminées

---

(1) Voir ce décret, ci-après, p. 767.

par le préfet, devant lequel ils sont à cet effet renvoyés : 1° Une machine à vapeur à haute pression de la force de six chevaux et devant fonctionner à une pression maximum de quatre atmosphères; 2° Un fourneau à la Wilkinson pour la fonte du fer, deuxième fusion, et un fourneau destiné à opérer la fonte, au creuset, du cuivre, deuxième fusion.

ATELIERS INSALUBRES ET INCOMMODES (2e classe). — MACHINE A VAPEUR A HAUTE PRESSION.

Les machines à vapeur à haute pression sont rangées dans la deuxième classe des ateliers insalubres et incommodes ; leur établissement peut, en conséquence, être autorisé dans le voisinage des habitations, sous les conditions nécessaires pour les garantir contre les inconvénients et les dangers qui seraient à craindre.

Cette règle, qui a été déjà consacrée dans plusieurs espèces et notamment dans celle dont il vient d'être rendu compte, concernant MM. Cotton frères, a été appliquée de nouveau par une ordonnance du 3 janvier 1848 (1), intervenue sur une requête de M. Lenormand.

ATELIERS INSALUBRES ET INCOMMODES (2e classe). — FONDERIE DE FER ET DE CUIVRE.

Les fonderies de fer et de cuivre, deuxième fusion, étant rangées dans la deuxième classe des ateliers insalubres et incommodes, leur établissement peut être autorisé dans le voisinage des habitations, mais sous des conditions de nature à offrir aux propriétaires de ces habitations des garanties convenables.

M. Gérin a demandé l'autorisation d'établir à Agen, département de Lot-et-Garonne, une fonderie de fer et

---

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, p. 782.

de cuivre, deuxième fusion, dans une propriété d'une contenance d'environ 1.500 mètres.

A la suite de l'enquête qui a été ouverte dans la localité, et sur l'avis favorable du maire, le préfet a pris, le 12 septembre 1844, un arrêté ayant pour objet d'accorder cette autorisation, à condition, par l'impétrant; 1° de ne brûler dans la fonderie que du coke; 2° de couvrir l'établissement en entier, de manière à faire échapper latéralement la fumée; 3° de placer une coupole au-dessus des fourneaux; 4° de surmonter le tout d'une cheminée élevée de 3 mètres au-dessus des maisons voisines.

MM. Lapoussée, Gué et consorts, ont formé opposition à la décision du préfet, et cette opposition a été rejetée par un arrêté du conseil de préfecture, du 4 décembre 1844.

Les opposants se sont pourvus devant le conseil d'État. Ils ont exposé que la propriété où avait été construite l'usine en question, tenait, d'un côté, au mur mitoyen avec M. Lapoussée; qu'elle se trouvait, d'un autre côté, à 2 mètres seulement de la propriété de M. Gué; qu'elle n'était éloignée que de 8 mètres de la maison du premier, et de 13 mètres d'un dépôt de marchandises appartenant au second; qu'enfin elle était entourée de maisons très-élevées formant un bassin d'où la fumée ne pouvait s'échapper, et que dans cet état de choses, il y avait à redouter les dangers de l'incendie, les inconvénients de la fumée, les émanations délétères du cuivre en fusion, qui n'est jamais pur et contient toujours du zinc et des composés arsénieux.

Ce pourvoi a été communiqué à M. Gérin qui n'a pas fourni de défense dans le délai du règlement.

M. le ministre de l'agriculture et du commerce a pensé, avec le comité consultatif des arts et manufactures, que l'emplacement de l'usine de M. Gérin était assez vaste pour qu'il pût, avec les précautions les plus ordinaires, exploiter son industrie sans nuire à ses voisins; que les obligations qui lui avaient été imposées par le préfet et par le conseil de préfecture ajoutaient encore à la sécurité du voisinage, et qu'il y avait lieu, en conséquence, de maintenir l'autorisation attaquée.

Le conseil d'État a partagé cet avis.

Aux termes du décret du 15 octobre 1810 et de l'ordonnance du 14 janvier 1815, les fonderies de fer et de cuivre sont rangées dans la deuxième classe des établisse-

ments insalubres et incommodes : leur éloignement des habitations n'est point, par conséquent, rigoureusement nécessaire. Toutefois, aux termes du décret précité, on ne doit en permettre la formation qu'après avoir acquis la certitude que les opérations qui y sont projetées ne peuvent incommoder les propriétaires voisins, ni leur causer de dommages. Or, dans l'espèce, il était démontré par l'instruction que les conditions imposées à M. Gérin présentaient des garanties suffisantes.

Une ordonnance en date du 27 mai 1847 a, d'après ces motifs, rejeté la requête de MM. Lapoussée, Gué et consorts (1).

MARCHAND DE FER EN GROS ET EN DÉTAIL. — PATENTE.

Un marchand de fer, qui vend à la fois en gros et en détail, est sujet à la patente de marchand en gros.

Ainsi décidé par l'ordonnance du 14 juin 1847, rendue sur le rapport du comité du contentieux du conseil d'Etat (2).

Dans l'espèce, il s'agissait d'un pourvoi formé par un marchand de fer de Toulouse contre un arrêté du conseil de préfecture de la Haute-Garonne, en date du 7 décembre 1844, qui l'avait maintenu à la patente de marchand de fer en gros, alors qu'il prétendait que son principal commerce était la vente en détail.

L'instruction ayant fait connaître que le requérant exerçait à la fois la profession de marchand de fer en gros et celle de marchand de fer en détail, c'était avec raison que le conseil de préfecture l'avait déclaré passible de la patente de marchand en gros, la patente étant due pour la profession qui donne lieu au plus fort droit.

C'était là une question de principe résolue par la loi du 1er brumaire an VII applicable à l'espèce. La nouvelle loi du 25 avril 1844 sur les patentes a consacré la même doctrine.

On a rendu compte, en 1844, d'une décision semblable intervenue à l'occasion du droit imposé à un marchand de combustible minéral (3).

---

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, page 725.

(2) Voir cette ordonnance, ci-après, p. 727.

(3) Voir le tome VI, 4e série, p. 604, des Annales des mines.

ORDONNANCES, DÉCRETS, ARRÊTÉS

ET DÉCISIONS DIVERSES,

Concernant les mines, usines, etc.

Fonderie.
—
Contribution des portes et fenêtres.

Ordonnance du roi, du 29 janvier 1847 (1), portant rejet d'une requête présentée par MM. Vivaux frères, *maîtres de forges, contre l'arrêté du conseil de préfecture de la* Meuse, *qui les a maintenus à la contribution des portes et fenêtres pour la fonderie qu'ils exploitent à* Dammarie.

Louis-Philippe, etc.;

Sur le rapport du comité du contentieux,

Vu la requête à nous présentée par les sieurs Vivaux frères, maîtres de forges à Dammarie, la dite requête enregistrée au secrétariat général de notre conseil d'Etat, le 31 janvier 1846, et tendant à ce qu'il nous plaise annuler un arrêté du conseil de préfecture de la Meuse, en date du 6 décembre 1845, lequel a rejeté leur demande en décharge de l'impôt des portes et fenêtres assis, pour l'année 1845, sur une fonderie qu'ils exploitent dans la commune de Dammarie;

Vu l'arrêté attaqué;

Vu les avis du maire, des répartiteurs et des agents des contributions directes;

Vu les observations de notre ministre des finances, en réponse à la communication qui lui a été donnée du pourvoi, les dites observations enregistrées au secrétariat général de notre conseil d'Etat, le 6 juillet 1846, et concluant au rejet de la requête;

Ensemble toutes les pièces produites et jointes au dossier;

(1) Cette ordonnance a été omise dans le tome XI, 4e série, des Annales des mines, où se trouvent mentionnées les ordonnances du premier semestre de 1847.

Vu les lois des 4 frimaire an VII et 4 germinal an XI ;

Ouï M. Boulatignier, maître des requêtes, commissaire du roi ;

Considérant qu'aux termes de l'art. 2 de la loi du 4 frimaire an VII, les ouvertures des usines sont assujetties à la contribution établie par ladite loi, et que l'exemption accordée par l'art. 19 de la loi du 4 germinal an XI ne s'applique qu'aux manufactures ;

Considérant qu'il résulte de l'instruction que l'établissement des sieurs Vivaux frères doit être considéré comme une usine et non comme une manufacture ; que, dès lors, c'est avec raison que le conseil de préfecture a refusé de leur accorder décharge de l'impôt des portes et fenêtres auquel ils ont été assujettis, en 1845, pour ledit établissement ;

Notre conseil d'Etat entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1. La requête des sieurs Vivaux est rejetée.

Art. 2. Notre ministre secrétaire d'Etat de la justice et notre ministre secrétaire d'Etat des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 31 *mars* 1847 (1), *portant annulation d'un arrêté du conseil de préfecture des* Bouches-du-Rhône, *qui avait maintenu M.* Agard *au rôle des patentes de la commune de* Berre, *en qualité de raffineur de sel.*

Marais salants. — Droit de patente.

Louis-Philippe, etc.,

Sur le rapport du comité du contentieux,

Vu la requête à nous présentée par le sieur Agard, gérant des salines de Berre, ladite requête enregistrée au secrétariat général de notre conseil d'Etat, le 4 août 1846, et tendant à ce qu'il nous plaise annuler un arrêté du conseil de préfecture des Bouches-du-Rhône, en date 4 décembre précédent, lequel a maintenu le droit propor-

(1) Cette ordonnance a été omise dans le tome XI, 4ᵉ série, des Annales des mines.

tionnel de patente auquel il a été imposé pour l'année 1845, au rôle de la commune de Berre, en qualité de raffineur de sel;

Vu l'arrêté attaqué;

Vu les avis du maire et des agents des contributions directes;

Vu les observations de notre ministre des finances, en réponse à la communication qui lui a été donnée du pourvoi susvisé; lesdites observations enregistrées au secrétariat général de notre conseil d'Etat, le 4 septembre 1846, et concluant à l'annulation de l'arrêté du conseil de préfecture;

Ensemble toutes les pièces produites et jointes au dossier;

Vu la loi du 25 avril 1844;

Ouï Me Molinier de Montplanqua, avocat du requérant;

Ouï M. Cornudet, maître des requêtes, commissaire du roi;

Considérant qu'aux termes du paragraphe 4 de l'article 13 de la loi du 25 avril 1844, les propriétaires ou fermiers de marais salants ne sont pas assujettis à la patente;

Considérant qu'il résulte de l'instruction que le sieur Agard, gérant de la Société des salines de Berre, laquelle est propriétaire des marais salants dont il s'agit, n'exerce pas la profession de raffineur de sel; que, dès lors, c'est à tort que le conseil de préfecture a maintenu le requérant au droit proportionnel de patente qui lui a été assigné dans la commune de Berre, en qualité de raffineur de sel pour l'exercice 1845, à raison des bâtiments servant à l'exploitation desdits marais salants;

Notre conseil d'Etat entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. L'arrêté du conseil de préfecture des Bouches-du-Rhône, en date du 4 décembre 1845, est annulé en tant qu'il a maintenu le droit proportionnel de patente assigné au sieur Agard.

Art. 2. Il est accordé décharge au sieur Agard, gérant de la Société des salines de Berre, du droit proportionnel de patente auquel il a été imposé dans la commune de Berre, en qualité de raffineur de sel, pour l'exercice 1845.

Art. 3. Notre ministre secrétaire d'Etat de la justice et notre ministre secrétaire d'Etat des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 27 *mai* 1847 (1), *portant rejet d'une requête de MM.* Lapoussée, Chaudeborde, Gué *et consorts, contre un arrêté du conseil de préfecture de* Lot-et-Garonne, *qui, nonobstant leur opposition, a maintenu l'autorisation accordée par le préfet à M.* Gérin *pour l'établissement d'une fonderie de fer et de cuivre, deuxième fusion, dans la ville d'*Agen.

Fonderie de fer et de cuivre, 2e fusion.

Louis-Philippe, etc.;

Sur le rapport du comité du contentieux;

Vu les requêtes sommaire et ampliative à nous présentées par les sieurs Lapoussée, avocat; Chaudeborde, notaire; Jules de Rissan, Martial d'Aiguillon, et la demoiselle Joséphine de Sabaros, propriétaires; le sieur de Sevin, conseiller en notre cour d'Agen; Darodes, notaire; Étienne Isamboë, employé; Auguste Gué, négociant; Irénée Beyne, propriétaire; Jean Michel, avoué, Jean-Baptiste Barrère, épicier; Jean Sellière, serrurier; Michel Lury, boulanger; la demoiselle Agnès Bernède, propriétaire; les sieurs Auvergnon, maçons; Guillaume Desbarrats, serrurier; Jeandre, employé de l'enregistrement; la dame veuve Pebernat, propriétaire; les sieurs Maxime Dauzet, et Martial Monchet, propriétaires; la demoiselle Marguerite Fillot, propriétaire; la demoiselle Adélaïde Staffort, maîtresse de pension; les sieurs Carbonnel, parfumeur; Rivière, marchand épicier; Casemages, bottier; Luzzy, pâtissier, et Adolphe Mogon, pharmacien; lesdites requêtes enregistrées au secrétariat général de notre conseil d'État, les 14 décembre 1844 et 23 avril 1845, et concluant à ce qu'il nous plaise annuler un arrêté du conseil de préfecture du département de

---

(1) Cette ordonnance a été omise dans le tome XI, 4e série, des Annales des mines.

Lot-et-Garonne, du 4 décembre précédent, qui a rejeté l'opposition formée par les requérants à un arrêté du préfet, par lequel le sieur Gérin a été autorisé à établir à Agen une fonderie de fer et de cuivre;

Vu l'ordonnance de soit communiqué rendue par le vice-président de notre conseil d'État, le 28 décembre 1844, et la notification qui en a été faite, le 11 mars suivant, au sieur Gérin, lequel n'a pas fourni de défense dans les délais du règlement;

Vu la lettre de notre ministre de l'agriculture et du commerce, en réponse à la communication qui lui a été donnée du pourvoi; ladite lettre enregistrée comme dessus, le 13 septembre 1845;

Vu le plan des lieux;

Le procès-verbal de l'enquête qui a eu lieu au sujet de l'établissement de la fonderie du sieur Génin;

L'avis du maire de la ville d'Agen;

L'arrêté du préfet du département de Lot-et-Garonne, du 12 septembre 1844;

Vu l'arrêté attaqué;

Vu toutes les pièces produites et jointes au dossier;

Vu le décret du 15 octobre 1810; l'ordonnance royale du 14 janvier 1815;

Ouï Me Martin, avocat du requérant;

Ouï M. Hely-d'Oissel, maître des requêtes, commissaire du roi;

Considérant que les fonderies de fer et de cuivre sont rangées dans la deuxième classe des établissements insalubres et incommodes; qu'ainsi leur éloignement des habitations n'est pas rigoureusement nécessaire; mais que la formation n'en doit être permise qu'après avoir acquis la certitude que les opérations qui y sont pratiquées ne peuvent incommoder les propriétaires voisins, ni leur causer de dommages;

Considérant qu'il résulte de l'instruction que les conditions que le préfet et le conseil de préfecture ont imposées au sieur Gérin, en l'autorisant à établir sa fonderie de fer et de cuivre, deuxième fusion, présentent des garanties suffisantes contre les inconvénients qui pourraient résulter de cet établissement;

Notre conseil d'État entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. La requête ci-dessus visée est rejetée.

Art. 2. Notre ministre secrétaire d'État de la justice et notre ministre secrétaire d'État de l'agriculture et du commerce sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 14 juin 1847 (1), portant rejet d'une requête présentée par M. Izarn, *marchand de fers à* Toulouse, *contre un arrêté du conseil de préfecture de la* Haute-Garonne, *qui l'a maintenu au rôle des patentes en qualité de marchand de fers en gros.*

Marchand de fers en gros et en détail. — Patente.

Louis-Philippe, etc.;

Sur le rapport du comité du contentieux;

Vu la requête à nous présentée par le sieur Izarn, marchand de fers à Toulouse, ladite requête tendant à l'annulation d'un arrêté du conseil de préfecture de la Haute-Garonne, du 7 décembre 1844, lequel a maintenu le requérant au rôle des patentes en qualité de marchand de fers en gros;

Ce faisant, ordonner qu'il ne sera imposé que comme marchand de fers en détail;

Vu le mémoire à l'appui de ladite requête, à nous transmis par le préfet, et enregistré au secrétariat général de notre conseil d'État, le 20 mars 1845;

Vu l'avis du maire et des agents des contributions;

Vu l'arrêté attaqué;

Vu le procès-verbal de la nouvelle vérification opérée par l'inspecteur des contributions directes sur les livres du sieur Izarn, le 26 juin 1845;

Vu les observations et défenses de notre ministre des finances, enregistrées au secrétariat général de notre conseil d'État, le 16 septembre 1845, et tendant au rejet du pourvoi;

Vu toutes les pièces produites;

---

(1) Cette ordonnance a été omise dans le tome XI, 4e série, des Annales des mines.

Vu la loi du 1er brumaire an VII;

Ouï M. Boulatignier, maître des requêtes, commissaire du roi;

Considérant qu'il résulte de l'instruction que le sieur Izarn exerce la profession de marchand de fers en gros et en détail; qu'aux termes de l'art. 24 de la loi du 1er brumaire an VII, la patente est due pour la profession qui donne lieu au plus fort droit;

Notre conseil d'Etat entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. La requête du sieur Izarn est rejetée.

Art. 2. Notre ministre secrétaire d'Etat de la justice et notre ministre secrétaire d'Etat des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Exploitant de tourbières. — Patente.

Ordonnance du 17 *décembre* 1847 (1), *portant rejet d'une requête présentée par M.* Cornet d'Humval *contre un arrêté du conseil de préfecture de la* Somme; *qui l'a maintenu, pour l'exercice* 1845, *au rôle des patentes de la commune d'*Argœuvres, *en qualité d'exploitant de tourbières.*

Louis-Philippe, etc.;

Sur le rapport du comité du contentieux;

Vu la requête à nous présentée par le sieur Cornet d'Humval, propriétaire à Argœuvres, arrondissement d'Amiens, ladite requête tendant à l'annulation d'un arrêté du conseil de préfecture de la Somme, en date du 10 novembre 1845, lequel l'a maintenu, pour l'exercice 1845, au droit de patente, en qualité d'exploitant de tourbières;

Vu l'arrêté attaqué;

Vu les avis du maire, du contrôleur et du directeur des contributions directes;

Vu les observations de notre ministre des finances en réponse à la communication qui lui a été donnée du pourvoi, lesdites observations enregistrées au secrétariat

---

(1) Cette ordonnance a été omise dans le tome XII, 4e série, des Annales des mines.

général de notre conseil d'Etat, le 24 septembre 1846, et concluant au rejet du pourvoi ;

Vu le mémoire en réplique à nous présenté par le sieur Cornet d'Humval ; ledit mémoire enregistré au secrétariat général de notre conseil d'État, le 26 avril 1847, et concluant aux mêmes fins que la requête introductive d'instance ;

Vu toutes les pièces produites et jointes au dossier ;

Vu la loi du 25 avril 1844 ;

Ouï Mᵉ Béchard, avocat du requérant ;

Ouï M. Boulatignier, maître des requêtes, commissaire du roi ;

Considérant que les exploitants de tourbières sont soumis à la patente déterminée par le tableau C annexé à la loi du 25 avril 1844, et que cette loi n'établit aucune distinction entre ceux qui exploitent des tourbières dans leur propre fonds et ceux qui les exploitent dans les fonds d'autrui ;

Considérant que le sieur Cornet d'Humval fait exploiter pour son compte une tourbière qu'il possède dans la commune d'Argœuvres ; qu'ainsi c'est avec raison que le conseil de préfecture l'a maintenu à la patente pour l'exercice 1845 ;

Notre conseil d'Etat entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1ᵉʳ. La requête du sieur Cornet d'Humval est rejetée.

Art. 2. Notre ministre secrétaire d'Etat de la justice et notre ministre secrétaire d'Etat des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

PREMIER SEMESTRE 1848.

Sources d'eau salée. — Patente.

Ordonnance du 3 *janvier* 1848, *qui statue sur une requête de M.* Naël *contre un arrêté du conseil de préfecture des* Basses-Pyrénées, *portant maintien du réclamant au rôle des patentes de la commune de* Briscous, *en qualité de fabricant et de raffineur de sel.*

Louis-Philippe, etc.;

Sur le rapport du comité du contentieux;

Vu la requête à nous présentée par le sieur Naël, ladite requête tendant à l'annulation d'un arrêté du conseil de préfecture des Basses-Pyrénées, du 14 novembre 1845, lequel l'a maintenu pour la même année au rôle des patentes de la commune de Briscous, sous la qualification de fabricant et de raffineur de sel;

Vu l'arrêté attaqué;

Vu les observations de notre ministre des finances, enregistrées le 5 octobre 1846, tendant à ce qu'il soit accordé décharge au sieur Naël de la différence existant entre la taxe à laquelle ledit sieur Naël a été imposé dans la commune de Briscous et le droit fixe dont il serait passible à Bayonne en qualité de marchand de vins en gros;

Vu la lettre du préfet des Basses-Pyrénées, enregistrée au secrétariat général de notre conseil d'Etat, le 20 septembre 1847, par laquelle ledit préfet annonce que le sieur Naël, après avoir pris connaissance du dossier, a déclaré n'avoir pas de nouvelles observations à produire;

Vu la loi du 17 juin 1840;

Vu la loi du 25 avril 1844;

Ouï M. Cornudet, maître des requêtes, commissaire du roi;

Considérant qu'il résulte de l'instruction que le sieur Naël a été porté sur le rôle des patentes, dans la commune de Briscous, comme fabricant et raffineur de sel, et dans la ville de Bayonne comme marchand de vins en gros;

En ce qui touche l'imposition à laquelle a été soumis le sieur Naël comme fabricant et raffineur de sel:

Considérant que la loi du 17 juin 1840 a soumis les exploitations de sources d'eaux salées au régime des mines; qu'en conséquence elles doivent jouir de l'exemption accordée par le quatrième paragraphe de l'art. 13 de la loi du 25 avril 1844 aux concessionnaires de mines, pour le fait de l'extraction et la vente des matières par eux extraites;

Considérant qu'il résulte de l'instruction que le requérant, concessionnaire de sources d'eaux salées dans la commune de Briscous, se bornait en 1845 à l'exploitation desdites sources; que, dès lors, c'est à tort que le conseil de préfecture des Basses-Pyrénées l'a maintenu, pour ladite année, au rôle de la commune de Briscous, en qualité de fabricant et de raffineur de sel;

En ce qui touche l'imposition à laquelle a été soumis le sieur Naël en qualité de marchand de vins en gros:

Considérant qu'il résulte de l'instruction et qu'il n'est pas contesté que le sieur Naël exerce la profession de marchand de vins en gros à Bayonne, et qu'il n'a été imposé, dans cette dernière ville, qu'au droit proportionnel de patente, attendu qu'il avait été imposé dans la commune de Briscous à un droit fixe supérieur à celui afférent à la profession de marchand de vins en gros; que dans ces circonstances, il y a lieu, en accordant au sieur Naël décharge de la taxe à laquelle il a été assujetti en qualité de fabricant et de raffineur de sel, de l'imposer au droit fixe de marchand de vins en gros, auquel il n'avait pu être imposé à raison de l'existence à sa charge d'un droit fixe supérieur;

Notre conseil d'Etat entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. 1. Décharge est accordée au sieur Naël des droits fixe et proportionnel de patente auxquels il a été soumis à Briscous en qualité de fabricant et de raffineur de sel.

Art. 2. Restitution sera faite au sieur Naël des sommes formant le montant desdits droits, sous la réserve du droit fixe dont ledit sieur Naël était passible en qualité de marchand de vins en gros dans la commune de Bayonne.

Art. 3. L'arrêté ci-dessus visé du conseil de préfecture des Basses-Pyrénées, en date du 14 novembre 1845, est

annulé dans les dispositions contraires à la présente ordonnance.

Art. 4 Le surplus des conclusions du sieur Naël est rejeté.

Art. 5. Notre ministre secrétaire d'Etat de la justice et notre ministre secrétaire d'Etat des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Machine à vapeur à haute pression.

Ordonnance du 3 *janvier* 1848, *portant rejet d'une requête de M.* Lenormand *contre un arrêté du conseil de préfecture du* Calvados, *qui, nonobstant son opposition, a prononcé le maintien d'une machine à vapeur établie par le sieur* Sanson *dans une fabrique d'huile de colza située à* Isigny.

Louis-Philippe, etc.;

Sur le rapport du comité du contentieux;

Vu les requêtes sommaire et ampliative, à nous présentées par le sieur Jacques Lenormand fils, demeurant à Isigny, lesdites requêtes enregistrées au secrétariat général de notre conseil d'Etat, les 24 juillet et 30 septembre 1843, et tendant à ce qu'il nous plaise annuler un arrêté du conseil de préfecture du Calvados, en date du 13 mai 1843, lequel a rejeté sa réclamation contre un arrêté du préfet du Calvados, portant autorisation pour le sieur Sanson de conserver dans la fabrique d'huile qu'il possède à Isigny, une machine à vapeur à haute pression; ce faisant, ordonner la suppression de l'établissement du sieur Sanson, et condamner ce dernier aux dépens;

Vu l'arrêté attaqué;

Vu l'arrêté du préfet du Calvados, en date du 11 août 1842;

Vu le mémoire en défense à nous présenté par le sieur Sanson, ledit mémoire enregistré au secrétariat général de notre conseil d'Etat, le 13 février 1844, et concluant à ce qu'il nous plaise rejeter le pourvoi du sieur Sanson, avec dépens;

Vu les observations de notre ministre de l'agriculture et du commerce, en réponse à la communication qui lui a été donnée du pourvoi, lesdites observations enregistrées comme dessus, le 9 août 1844;

Vu le mémoire en réplique du sieur Lenormand, ledit mémoire enregistré au secrétariat général de notre conseil d'Etat, le 22 février 1845, et tendant aux mêmes fins que la requête introductive d'instance, et subsidiairement à ce qu'il soit procédé à une nouvelle visite des lieux;

Vu l'avis du comité consultatif, en date du 20 juillet 1844, les rapports de l'ingénieur en chef des mines du département du Calvados, en date des 4 mars 1843 et 30 avril 1844;

Vu la lettre de notre ministre de l'agriculture et du commerce, en réponse à la communication nouvelle qui lui a été donnée du pourvoi, ladite lettre enregistrée comme dessus, le 2 novembre 1846, et les pièces y annexées, notamment la lettre du préfet du Calvados, en date du 19 octobre 1846, le rapport de l'ingénieur ordinaire des mines, en date du 1er juin 1846, et l'avis de l'ingénieur en chef;

Vu le mémoire en réplique du sieur Sanson, ledit mémoire enregistré comme dessus, le 17 mars 1847, et concluant aux mêmes fins que la requête introductive d'instance;

Vu toutes les pièces produites et jointes au dossier, et notamment le plan des lieux;

Vu le décret du 15 octobre 1810, les ordonnances royales des 14 janvier 1815, 29 octobre 1823 et 25 mars 1830, et notre ordonnance du 22 mai 1843;

Ouï Me Mathieu Bodet, avocat du demandeur;

Ouï Me Fabre, avocat du défendeur;

Ouï M. Cornudet, maître des requêtes, commissaire du roi;

Considérant que l'article 1er de l'ordonnance royale du 14 janvier 1815 range les machines à vapeur à haute pression dans la 2e classe des établissements insalubres et incommodes dont l'éloignement des habitations n'est pas rigoureusement nécessaire; qu'il résulte de l'instruction que, moyennant l'accomplissement des conditions imposées au sieur Sanson par les arrêtés sus-visés du préfet et du conseil de préfecture, l'établissement d'une machine à vapeur à haute pression dans la fabrique à huile dudit sieur Sanson, ne peut nuire aux propriétés du voisinage;

Notre conseil d'Etat entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. 1er. La requête du sieur Lenormand est rejetée.

Art. 2. Le sieur Lenormand est condamné aux dépens.

Art. 3. Notre ministre secrétaire d'Etat de la justice, et notre ministre secrétaire d'Etat de l'agriculture et du commerce sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Mines de cuivre, argent et autres métaux du Chapeau.

Ordonnance du 16 *janvier* 1848, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Jean MARTIN *dit* TEISSÈRE *et* Jean-François BOISSERANC, *de mines de cuivre, argent et autres métaux, situées dans la commune de* CHAMPOLÉON, *arrondissement d'*EMBRUN (Hautes-Alpes).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession du Chapeau*, est limitée conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

A l'Est, par le cours du Drac de Champoléon compris entre le point A, intersection de ce torrent avec celui du Tourron, et le point B, intersection du Drac de Champoléon avec le torrent du val Estrecht ;

Au Nord, par le torrent du val Estrecht, à partir du point B, ci-dessus désigné, jusqu'au point C, bifurcation de ce torrent, situé à 700 mètres environ au Sud-Ouest du pic des Baumes ;

A l'Ouest, par une ligne droite tirée dudit point C au hameau du Tourron, ladite droite aboutissant au point *D*, intersection des torrents du Tourron et de la Pisse ;

Au Sud, par le cours du Tourron, à partir du point D, ci-dessus défini, jusqu'au point de départ A ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 5 kilomètres carrés, 99 hectares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une redevance annuelle de 5 centimes par hectare.

Ces dispositions seront applicables nonobstant les stipulations contraires qui pourraient résulter de conventions antérieures entre les concessionnaires et les propriétaires de la surface.

Ordonnance du 16 janvier 1848, portant qu'il est fait concession aux sieurs François-Félix Pierron *et* Théodore Gauthier *fils, de mines de fer situées dans les communes de* Rosselange *et de* Vitry, *arrondissement de* Thionville (Moselle). Mines de fer de Rosselange.

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Rosselange*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

A l'Ouest, par une ligne droite formant l'une des limites de la concession de Moyeuvre, partant du clocher de Rosselange (point n° 1 du plan) et dirigée sur un point n° 2, situé au sommet d'un angle de la limite de la commune de Rosselange, où a été plantée la borne n° 1 de la concession de Moyeuvre ;

Au Nord, à partir du point n° 2, par le chemin qui sépare les bois communaux de Clouange du bois dit *Monsieur*, appartenant au sieur Berviller, et par le prolongement de ce chemin jusqu'à sa rencontre avec le chemin de Ranguevaux à Clouange, au point n° 3 du plan; puis, de ce point, par ce dernier chemin jusqu'au point où il sort du bois pour aboutir sur les pâtis communaux de Clouange, point n° 4 du plan;

A l'Est, par la lisière du bois de Clouange, depuis le n° 4 jusqu'à l'angle Sud-Est de ce bois, point n° 5 du plan;

Au Sud: 1° par ladite lisière, jusqu'à un angle rentrant où existe une borne séparative du bois de Clouange et du bois du moulin de la Roche, point n° 6 du plan; 2° de ce point, par une ligne droite allant à l'angle Sud-Est du jardin dudit moulin, n° 7 du plan; 3° de ce point, par la route de Thionville à Briey jusqu'à l'angle Sud-Est de la maison de cure de Rosselange, point n° 8 du plan; 4° de ce point, par une ligne droite dirigée vers le clocher de Rosselange, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle d'un kilomètre carré, seize hectares.

Art. 5. Les droits attribués aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une rétribution annuelle de cinq centimes par hectare de terrain compris dans la concession.

Ces dispositions seront applicables nonobstant les stipulations contraires qui pourraient résulter de conventions antérieures entre les concessionnaires et les propriétaires de la surface.

Cahier des charges de la concession des mines de fer de Rosselange.

(Extrait.)

Art. 8. Les concessionnaires ne pourront pratiquer aucune ouverture de travaux dans les bois communaux de Clouange, avant qu'il ait été dressé contradictoirement procès-verbal de l'état des lieux par les agents de l'administration des forêts, afin que l'on puisse constater, au bout d'un an, et successivement chaque année, les indemnités qui seront dues.

Art. 9. Les concessionnaires seront civilement responsables des dégâts commis dans la forêt par les ouvriers ou par les bestiaux, dans la distance fixée par l'article 31 du code forestier.

Art. 10. Lorsque les concessionnaires abandonneront une ouverture de mine, ils pourront être tenus de la faire combler en nivelant le terrain, et de faire repeupler ce terrain en essence de bois convenable au sol. Cette disposition sera ordonnée, s'il y a lieu, par un arrêté du préfet, sur le rapport des agents de l'administration forestière et de l'ingénieur des mines, les concessionnaires ayant été entendus, et sauf recours devant le ministre des travaux publics.

Art. 18. En exécution de l'article 70 de la loi du 21 avril 1810, les concessionnaires fourniront au haut-fourneau de la Caulre, qui s'approvisionnait sur les gîtes compris dans la concession, la quantité de minerai nécessaire à l'alimentation de ce haut-fourneau, au prix qui sera fixé par l'administration.

Art. 19. Lorsque l'approvisionnement de l'usine ci-dessus désignée aura été assuré, les concessionnaires seront tenus de fournir, autant que leurs exploitations le permettront, à la consommation des usines établies ou à établir dans le voisinage avec autorisation légale. Le prix des minerais sera alors fixé de gré à gré ou à dire d'experts, ainsi qu'il est indiqué en l'article 65 de la loi du 21 avril 1810, pour les exploitations de minières de fer.

Art. 20. En cas de contestations entre plusieurs maîtres de forges relativement à leur approvisionnement en minerai, il sera statué par le préfet, conformément à l'article 64 de la même loi.

Ordonnance du 16 *janvier* 1848, *portant que le sieur* Drumeaux-Gendarme *est autorisé à construire un second haut-fourneau dans son usine à fer de* la Cachette, *commune de* Nouzon (Ardennes).

Haut-fourneau de la Cachette, commune de Nouzon.

En conséquence, la consistance de cette usine sera fixée ainsi qu'il suit, savoir :

1° Deux hauts-fourneaux au charbon de bois;

2° Trois foyers d'affinerie également au charbon de bois, et deux ordons de gros marteaux;

3° Deux fours à puddler;

4° Une fenderie-laminoir.

(Extrait.)

Art. 9. Il (le permissionnaire) sera tenu d'avoir un compte ouvert au bureau de la douane de Nouzon. Il se soumettra aux visites et recensements que les employés des douanes jugeront convenable de faire dans son usine, sans que ceux-ci soient tenus de se faire accompagner d'un officier municipal.

Ordonnance du 16 *janvier* 1848, *portant que le sieur* Coutant *est autorisé à établir dans la commune d'*Ivry (Seine), *une usine à fer composée :*

Usine à fer, à Ivry.

D'un four à puddler;

De deux fours à réchauffer;

De deux trains de laminoirs;

Et des accessoires nécessaires à l'élaboration du fer.

(Extrait.)

Art. 8. Il (le permissionnaire) devra permettre et faciliter constamment la visite de l'usine par les ingénieurs des mines, auxquels est confiée la surveillance des usines métallurgiques du département de la Seine, soumises au régime de la loi du 21 avril 1810.

Usine à fer de Sauvage, commune de Balleray.

Ordonnance du 16 *janvier* 1848, *portant que le sieur* FERRAND *est autorisé à maintenir en activité l'usine à fer de* SAUVAGE, *située sur le ruisseau d'*HEUILLON, *commune de* BALLERAY (Nièvre).

Cette usine restera composée :
1° D'un haut-fourneau ;
2° D'un bocard à laitier ;
3° D'un lavoir à mines;
4 Des machines soufflantes nécessaires au travail de l'établissement.

Aciérie, à Voiron.

Ordonnance du 16 *janvier* 1848, *portant que le sieur* JACOLIN aîné *est autorisé à maintenir en activité l'usine à acier qu'il possède sur la rivière de* MORGE, *commune de* VOIRON (Isère).

Cette usine est et demeure composée :
De deux feux d'affinerie pour la fabrication de l'acier, alimentés par le charbon de bois ;
De quatre fours de chaufferie à la houille;
Et des machines soufflantes et de compression nécessaires au roulement de l'établissement.

Forge de Chevenet, commune de Cessy-les-Bois.

Ordonnance du 16 *janvier* 1848, *portant que le sieur* CHAMPENOIS *est autorisé à maintenir en activité la forge de* CHEVENET, *située sur le ruisseau de la* TALVANNE, *dans la commune de* CESSY-LES-BOIS (Nièvre).

Cette usine est et demeure composée :

1° D'un feu de petite forge ;
2° D'un feu de mazerie :
3° D'un bocard à scories;
4° Des machines soufflantes et des appareils de compression nécessaires à la fabrication du fer et de l'acier.

Mines de plomb et de cuivre d'Oulles.

Ordonnance du 26 *janvier* 1848, *portant qu'il est fait concession au sieur* Frédéric DE CERTEAU, *de mines de plomb et de cuivre situées dans les com-*

*munes d'*Oulles *et de* Livet-et-Gavet, *arrondissement de* Grenoble (Isère).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession d'Oulles*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au Nord, par une ligne droite allant de la naissance du ruisseau de la Combe-du-Sabot, sur la crête des Aiguillons, point A, au confluent du ruisseau dit *le Bâton* et de la Romanche, point B;

A l'Est, à partir dudit point B, par la limite séparative du territoire de la commune du bourg d'Oisans d'avec les territoires des communes d'Oulles et de Livet-et-Gavet, jusqu'au rocher dit *la Crête-du-Fort*, situé à la jonction des ruisseaux de la Combe-du-Treuil et de Gabouret, point C, et, à partir de ce point, par une ligne droite dirigée sur le point de rencontre des chemins des bâtiments vieux et du col d'Ornon à Oulles, point D;

Au Sud, enfin, par une ligne droite tirée dudit point D à la naissance du ruisseau de la Combe-du-Sabot, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 11 kilomètres carrés, 90 hectares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une rente de 5 centimes par hectare.

Ces dispositions seront applicables nonobstant les stipulations contraires qui pourraient résulter de conventions antérieures entre le concessionnaire et les propriétaires de la surface.

*Cahier des charges de la concession des mines de plomb et de cuivre d'*Oulles.

(Extrait.)

Art. 2. Pour préparer l'exploitation du gîte connu dans la concession et qui a déjà été l'objet de travaux de recherches, le concessionnaire ouvrira au-dessous de ces travaux une galerie dirigée suivant le minerai et destinée à servir à la fois à l'extraction et à l'écoulement. Cette galerie sera boisée suivant les règles de l'art partout où

il en sera besoin, et poussée aussi loin que possible avec la pente uniquement nécessaire pour l'écoulement de l'eau.

Son emplacement, ainsi que ses dimensions en largeur et en hauteur, seront fixés par le préfet sur le rapport des ingénieurs des mines, le concessionnaire ayant été entendu.

Art. 4. Lorsque la galerie dont il est question dans l'article 2 ci-dessus aura été achevée. elle sera mise en communication avec les travaux supérieurs déjà exécutés, à l'aide de puits verticaux, et le massif de minerai compris entre deux sera exploité par gradins renversés, en laissant des piliers en nombre suffisant pour empêcher le rapprochement du toit et du mur.

Art. 5. Les détails du mode général d'exploitation, fixé par les articles 2 et 3 ci-dessus, seront réglés par le préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines, le concessionnaire entendu à cet effet, et dans un délai de trois mois à dater de la notification de l'ordonnance de concession.

Mines de fer de Thostes et Beauregard.

Ordonnance du 29 janvier 1848, portant qu'il est fait concession à la compagnie représentée, aux termes de l'acte de société du 6 novembre 1845, par le sieur Clément, *de mines de fer situées dans la commune de* Thostes, *arrondissement de* Semur (Côte-d'Or).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de Thostes et Beauregard*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au Nord, par une ligne allant de l'angle Sud-Ouest de la maison du sieur Claude Galotte, point X du plan, à l'intersection des chemins de Thostes à Villars et de Thostes aux Prés-au-Brun, point Y du plan;

A l'Ouest, par une ligne allant de ce dernier point, au Sud-Est de la pierre de Rochefot, à une borne située entre le bois de M. Perrot de Chazelle et les bois communaux de Thostes, dits Chaumes-Tatifet, point O du plan.

Au Sud-Ouest, par deux lignes allant, l'une de la

borne qui vient d'être désignée au clocher de Thostes, point P du plan, l'autre de ce clocher à la Brosse Damas, borne finagère des communes de Thostes et de Montigny, point Q du plan;

Au Nord-Est, par une ligne allant de cette borne à l'angle Sud-Ouest de la maison du sieur Claude Galotte, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de deux kilomètres carrés, soixante-six hectares.

Art. 5. Les droits attribués aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés : 1° à une rétribution de 20 centimes par hectare pour tous les terrains compris dans l'étendue de la concession;

2° à une rétribution de 25 centimes par mètre cube de minerai extrait, payable seulement aux propriétaires sous les terrains desquels l'exploitation aura lieu.

Ces dispositions seront applicables nonobstant les stipulations contraires qui pourraient résulter de conventions antérieures entre les concessionnaires et les propriétaires de la surface.

Cahier des charges des mines de fer de Thostes et Beauregard.

(Extrait.)

Art. 7. Dans le cas où les travaux projetés par les concessionnaires devraient s'étendre sous des bâtiments et habitations, ces travaux ne pourront être exécutés qu'en vertu d'une autorisation spéciale du préfet, donnée sur le rapport des ingénieurs des mines, après que le conseil municipal et les propriétaires intéressés auront été entendus, et après que les concessionnaires auront donné caution de payer l'indemnité exigée par l'article 15 de la loi du 21 avril 1810. Les contestations relatives soit à la caution, soit à l'indemnité, seront portées devant les tribunaux et cours, conformément audit article.

L'autorisation d'exécuter les travaux sera refusée par le préfet, s'il est reconnu que l'exploitation peut compromettre la sûreté du sol, celle des habitants ou la conservation des édifices.

Art. 15. En exécution de l'article 70 de loi du

21 avril 1810, la compagnie concessionnaire fournira aux usines de Maisonneuve, de Mouzeron et de Veuvey, qui s'approvisionnaient sur des gîtes compris dans la concession, la quantité de minerai nécessaire à l'alimentation de ces usines, au prix qui sera fixé par l'administration.

Art. 16. Lorsque l'approvisionnement des usines ci-dessus désignées aura été assuré, la compagnie concessionnaire sera tenue de fournir, autant que ses exploitations le permettront, à la consommation des usines établies ou à établir dans le voisinage avec autorisation légale. Le prix des minerais sera alors fixé de gré à gré ou à dire d'experts, ainsi qu'il est indiqué en l'article 65 de la loi du 21 avril 1810 pour les exploitations de minières de fer.

Art. 17. En cas de contestation entre plusieurs maîtres de forges, relativement à leurs approvisionnements en minerai, il sera statué par le préfet, conformément à l'article 64 de la même loi.

Mines de zinc et de plomb sulfuré de la Poipe.

Ordonnance du 12 *février* 1848, *portant qu'il est fait concession aux sieurs* Edouard Duclos de Boussois *et* Léopold Arbus de Lapalme, *de mines de zinc et de plomb sulfurés, situées dans les communes de* Reventin *et de* Vienne, *arrondissement de* Vienne (Isère).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de la Poipe*, est limitée, conformément au plan annexé à la présente ordonnance, ainsi qu'il suit, savoir :

Au Nord et au *Nord-Est*, par le chemin d'Ampuis à Vienne, depuis son croisement, au point A, avec la grande route de Marseille à Lyon jusqu'à sa rencontre en B avec la ligne formant la limite des communes de Vienne et de Reventin, et, à partir de là, par ladite ligne jusqu'à la rencontre en C de la ligne séparative des communes des Côtes d'Arcy et de Reventin ;

A l'Est, par ladite ligne séparative, depuis le point C, intersection de cette ligne avec la ligne limite du territoire de Vienne, jusqu'à sa rencontre en D avec le ruisseau de Gerbotte ;

Au Sud-Est et au *Sud*, par le cours de ce ruisseau,

depuis le point D jusqu'au point E, où il traverse la route royale de Marseille à Lyon;

A l'Ouest, par ladite route, depuis le point E jusqu'au point de départ A, où elle se croise avec le chemin d'Ampuis à Vienne;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de 6 kilomètres carrés, 30 hectares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à une rétribution annuelle de 5 centimes par hectare.

Ces dispositions seront applicables nonobstant les stipulations contraires qui pourraient résulter de conventions antérieures entre les concessionnaires et les propriétaires de la surface.

Hauts-fourneaux, commune de Lay-St-Christophe.

Ordonnance du 12 *février* 1848, *portant que le sieur* Martin *est autorisé à établir quatre hauts-fourneaux pour la fusion du minerai de fer, alimentés par le charbon de bois ou le coke, dans la commune de* Lay-Saint-Christophe (Meurthe).

(Extrait.)

Art. 2. La présente autorisation ne préjuge rien sur la décision à intervenir au sujet de la demande en concession formée par le sieur Martin, et dont l'administration est en ce moment saisie, de mines de fer situées dans les communes de Champigneulles, Maxéville, Frouard et Liverdun.

Fonderie. — Contribution des portes et fenêtres.

Ordonnance du 15 *février* 1848, *portant rejet d'une requête présentée par M.* Colas *contre un arrêté du conseil de préfecture de la* Meuse, *qui a refusé de lui accorder décharge de l'impôt des portes et fenêtres, auquel il a été assujetti, en* 1843 *et* 1844, *pour la fonderie qu'il exploite à* Moutier-sur-Saulx.

Louis-Philippe, etc.,

Sur le rapport du comité du contentieux,

Vu les requêtes sommaires et ampliatives à nous présentées au nom du sieur Louis-Alexandre Colas, maître

de fonderies, demeurant à Moutier-sur-Saulx, arrondissement de Bar-le-Duc (Meuse), enregistrées au secrétariat général de notre conseil d'Etat, les 30 avril et 4 novembre 1845, tendant à ce qu'il nous plaise annuler un arrêté du conseil de préfecture de la Meuse, en date du 18 janvier de la même année, lequel a rejeté sa demande en décharge de l'impôt des portes et fenêtres assis pour 1843 et 1844 sur la fonderie qu'il exploite à Moutier-sur-Saulx; ce faisant, ordonner que l'exposant sera déchargé de la taxe des portes et fenêtres à laquelle il a été imposé pour 1843 et 1844;

Vu les pétitions en décharge adressées par le sieur Colas au préfet de la Meuse, et les avis des agents des contributions, intervenus sur ces réclamations;

Ensemble toutes les pièces de l'instruction, auxquelles ont donné lieu lesdites réclamations;

Vu l'arrêté attaqué;

Vu les observations de notre ministre des finances, enregistrées au secrétariat de notre conseil d'Etat, le 11 décembre 1845, tendant au rejet de la requête;

Vu toutes les pièces produites;

Vu les lois des 4 frimaire an VII et 4 germinal an XI;

Ouï Mᵉ Moreau, avocat du requérant;

Ouï M. Boulatignier, maître des requêtes, commissaire du roi;

Considérant qu'aux termes de l'article 2 de la loi du 4 frimaire an VII, les ouvertures des usines sont assujetties à la contribution établie par ladite loi, et que l'exemption accordée par l'article 19 de la loi du 4 germinal an XI, ne s'applique qu'aux manufactures;

Considérant qu'il résulte de l'instruction que l'établissement du sieur Colas ne doit pas être considéré comme une manufacture; que, dès lors, c'est avec raison que le conseil de préfecture a refusé de lui accorder décharge de l'impôt des portes et fenêtres auquel il a été assujetti, en 1843 et 1844, pour ledit établissement;

Notre conseil d'Etat entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1ᵉʳ. La requête du sieur Colas est rejetée.

Art. 2. Notre ministre secrétaire d'Etat de la justice et notre ministre secrétaire d'Etat des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

LIBERTÉ, ÉGALITÉ, FRATERNITÉ.

Minières de fer du Bas-Rhin.

Rapport au citoyen ministre des travaux publics, tendant à appliquer aux minières de fer du département du Bas-Rhin *l'arrêté ministériel du* 22 *avril* 1844.

6 mars 1848.

Monsieur le ministre,

M. le préfet du département du Bas-Rhin a proposé, de concert avec MM. les ingénieurs des mines, d'appliquer aux minières de fer de ce département le règlement du 22 avril 1844, relatif aux minières du Cher.

Deux articles seulement leur ont paru devoir être modifiés eu égard aux circonstances locales, savoir : l'article qui se rapporte aux dimensions des banquettes, suivant lesquelles doivent être coupés les gîtes de minerai et les terres de recouvrement, et l'article qui prescrit l'établissement, pour les travaux souterrains, de deux puits, au moins, communiquant entre eux. Ils ont proposé de ne pas fixer d'une manière générale la hauteur de ces banquettes, laquelle peut varier selon la nature du terrain, et de ne pas faire non plus une condition absolue de l'établissement de deux puits, attendu que souvent, dans ces minières, le sol a trop peu de consistance pour que l'on puisse maintenir ainsi une galerie de communication.

Le conseil général des mines est d'avis d'adopter ces modifications. Et comme d'ailleurs, dans le département du Bas-Rhin, le gisement des minerais diffère à plusieurs égards de ce qui a lieu dans le département du Cher, il pense qu'il convient en outre de laisser au préfet la faculté de déterminer, selon les cas, lorsqu'il autorisera une exploitation, le mode de travaux qui se trouvera le mieux approprié à la disposition du gîte. C'est ce qui a été fait également lorsqu'on a appliqué le règlement de 1844 aux minières des départements de la Sarthe et de la Mayenne.

Les minières du département du Bas-Rhin ont, du

reste, été exploitées jusqu'ici avec assez d'ordre, et on n'y a signalé que peu d'accidents. Il sera toutefois utile, dans l'intérêt du bon aménagement des gîtes, de la sûreté et de la salubrité publiques, de les assujettir à un ensemble de mesures telles que celles qui ont été établies par le règlement de 1844, conformément aux dispositions des sections I et II du titre VII de la loi du 21 avril 1810.

J'ai l'honneur, monsieur le ministre, de vous soumettre l'arrêté ci-joint, ayant pour objet d'appliquer auxdites minières ce règlement, avec les modifications ci-dessus indiquées.

Je suis, etc.

Le maître des requêtes, chef de la division des mines.

Signé DE CHEPPE.

Arrêté du membre du Gouvernement provisoire, ministre des travaux publics, du 7 mars 1848, qui applique aux minières du département du BAS-RHIN *le règlement du 22 avril 1844.*

Le membre du Gouvernement provisoire, ministre des travaux publics,

Vu la lettre du 3 novembre 1847, par laquelle le préfet du Bas-Rhin propose d'appliquer, avec certaines modifications, aux minières de fer de ce département, les dispositions du règlement établi par l'arrêté ministériel du 22 avril 1844 pour l'exploitation des minières du département du Cher;

Le rapport des ingénieurs des mines;

L'avis du conseil général des mines, du 19 novembre;

Vu les articles 57 et 58 de la loi du 21 avril 1810, ainsi conçus :

« *Art.* 57. L'exploitation des minières est assujettie à » des règles spéciales. Elle ne peut avoir lieu sans per- » mission.

» *Art.* 58 La permission détermine les limites de l'ex- » ploitation et les règles, sous les rapports de sûreté et de » salubrité publiques. »

Vu la section II du titre VII de la même loi, relative à la propriété et à l'exploitation des minerais de fer d'alluvion;

Les dispositions du titre X de ladite loi;

Les décrets des 18 novembre 1810 et 3 janvier 1813 ;
La loi du 14 décembre 1789;
Celle des 16-24 août 1790;
La loi du 29 floréal an X et les décrets des 18 août 1810 et 16 décembre 1811 ;
La loi du 12 juillet 1837 ;
Arrête ce qui suit :

Art. 1[er]. Les dispositions de l'arrêté du ministre des travaux publics, du 22 avril 1844, portant règlement pour l'exploitation des minières de fer du département du Cher, sont rendues applicables au département du Bas-Rhin, et y recevront en conséquence leur exécution, sauf les modifications indiquées ci-après.

Art. 2. Le gîte de minerai et les terres ou les autres matières qui le recouvrent seront coupés en retraite par banquettes dont la largeur sera de 2 mètres au moins et la hauteur de 2 mètres au plus, à moins que le préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines, n'autorise à leur donner d'autres dimensions. Le front de ces banquettes ne devra jamais présenter de surplomb.

Art. 3. L'exploitation par puits et galeries sera faite à l'aide de deux puits, au moins, communiquant entre eux par des galeries pratiquées dans le gîte, à moins que le préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines, n'autorise à n'établir qu'un seul puits pour chaque groupe de travaux.

Les puits seront solidement boisés ou muraillés partout où cela sera reconnu nécessaire.

Les massifs sur lesquels ils s'appuieront auront au moins 4 mètres de côté et ne pourront être attaqués qu'à la fin de l'exploitation.

Art. 4. Si, à raison des circonstances particulières du gisement de certains minerais, il était reconnu qu'il y a lieu de modifier, soit par la suppression de quelques dispositions du règlement, soit par l'addition de quelques nouvelles dispositions, les règles générales de l'exploitation qui sont prescrites au titre II du règlement du 22 avril 1844, le préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines, y apportera telles modifications qui seront jugées nécessaires.

Signé MARIE.

Sources minérales.

Décret du Gouvernement provisoire, du 8 mars 1848.

Le Gouvernement provisoire,

Sur le rapport du ministre provisoire de l'agriculture et du commerce;

Considérant que les sources d'eaux minérales constituent une richesse publique dont la conservation n'importe pas moins à l'humanité qu'à l'intérêt national;

Voulant prévenir les tentatives qui pourraient compromettre l'existence de ces établissements;

Attendu l'urgence,

Décrète :

Art. 1er. Aucun sondage, aucun travail souterrain ne pourront être pratiqués sans l'autorisation préalable du préfet du département, dans un périmètre de 1.000 mètres au moins de rayon autour de chacune des sources d'eaux minérales dont l'exploitation aura été régulièrement autorisée.

Cette autorisation ne sera délivrée que sur l'avis de l'ingénieur des mines du département et du médecin inspecteur de l'établissement thermal.

Art. 2. Le ministre provisoire de l'agriculture et du commerce est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, en conseil du Gouvernement provisoire, le 8 mars 1848.

Les membres du Gouvernement provisoire,

Signés : Dupont (de l'Eure), président; Arago, Albert, Crémieux, Flocon, Garnier-Pagès, Lamartine, Ledru-Rollin, Louis Blanc, Marrast, Marie.

Magasins généraux pour dépôt de marchandises.

Rapport fait au Gouvernement de la République par le membre du Gouvernement provisoire, ministre des finances.

Paris, le 21 mars 1848.

Citoyens,

Vos premiers décrets ont pourvu aux nécessités du trésor.

Mais ce n'est là qu'une partie de l'immense tâche qui pèse sur le gouvernement de la République. Une crise industrielle persiste, qui ruinerait bientôt les chefs d'industrie et les travailleurs, si nous n'y avisions avec promptitude.

Cette crise s'est manifestée sous deux aspects : l'encombrement des portefeuilles, l'encombrement des magasins.

Par la chute des principaux établissements de crédit, les négociants et les industriels se sont trouvés subitement destitués des moyens de se procurer les capitaux qui leur étaient nécessaires, en même temps que l'amoindrissement de la consommation les chargeait de marchandises invendues.

Préoccupés de cette double nécessité, vous avez, sur ma proposition, décrété l'établissement de comptoirs d'escompte à Paris et dans tous les grands centres agricoles, industriels et commerciaux. Unis dans une association puissante, le crédit de l'Etat, celui des particuliers ont déjà rendu des services, et sont appelés, dans un prochain avenir, à exercer la plus féconde influence.

Aujourd'hui, vous devez faire pour la marchandise ce que vous avez fait pour le papier; elle a besoin d'issues; il faut lui en ouvrir. Un grand nombre de maisons recommandables, et auxquelles se rattache, par les liens les plus étroits, l'existence de plusieurs milliers de travailleurs, tombent ou sont sur le point de tomber, quoique leur situation soit réellement favorable. Dans peu de jours, si nous n'y prenons garde, la situation pourrait s'aggraver. Les valeurs commerciales créées par les transactions antérieures s'épuisent, et, les échanges ayant diminué, elles ne se renouvellent que lentement.

En cet état de choses, j'ai pensé que le meilleur moyen de remédier au mal, c'était d'anticiper sur la consommation, par la circulation. J'ai pensé qu'il fallait rendre la vie, pour le moment, à des valeurs aujourd'hui stagnantes; et voici ce que j'ai l'honneur de soumettre à vos délibérations.

Dans le but de mettre les chefs d'industrie en mesure de disposer, dès aujourd'hui, du prix de leurs marchandises, il serait établi à Paris et dans les départements, des magasins généraux où les négociants et les industriels viendraient déposer les matières premières, marchandises et

objets fabriqués dont ils seraient propriétaires. En échange de leurs dépôts, ils recevraient une reconnaissance extraite d'un registre à souche. Ce récépissé, indiquant la valeur vénale de la marchandise, estimée à dire d'experts, constaterait la propriété, qui serait transmissible par voie d'endossement.

Les porteurs des récépissés du magasin central seraient admis à les déposer en garantie au comptoir d'escompte de leur circonscription. Revêtus du timbre de la République, et représentant une valeur matérielle, solide, tangible, prochainement réalisable, les récépissés seraient regardés comme équivalant à une seconde signature. Je ne doute pas que cette seconde signature ne soit accueillie avec faveur par tous les grands établissements de crédit, et que les souscripteurs de billets si solidement garantis n'arrivent ainsi, par le seul intermédiaire des comptoirs d'escompte, aux grands réservoirs des capitaux.

Convaincu que cette mobilisation de valeurs aujourd'hui paralysées contribuera puissamment à révivifier l'industrie, le commerce, et conséquemment le travail, j'ai l'honneur, citoyens, de présenter à votre approbation le projet de décret suivant.

Le membre du Gouvernement provisoire,
ministre des finances.

Signé GARNIER-PAGÈS.

Décret du Gouvernement provisoire, du 21 *mars* 1848.

Le Gouvernement provisoire,

Décrète :

Art. 1er. Il sera établi à Paris, et dans les autres villes où le besoin s'en fera sentir, des magasins généraux où les négociants et les industriels pourront déposer les matières premières, les marchandises, les objets fabriqués dont ils seront propriétaires.

Art. 2. Ces magasins pourront être établis d'urgence, par les commissaires du Gouvernement, sur la demande des chambres de commerce ou des conseils municipaux.

Art. 3. Il sera délivré aux déposants des récépissés re-

vêtus, 1° du timbre de la république; 2° du timbre des magasins où les marchandises auront été déposées.

Ces récépissés, extraits de registres à souche, transférant la propriété des objets déposés, seront transmissibles par voie d'endossement.

Ils seront passibles d'un droit fixe qui ne pourra dépasser 1 franc 10 centimes.

Art. 4. Ces magasins seront placés sous la surveillance de l'État.

Art. 5. Les dispositions des lois antérieures ne seront pas applicables, en ce qu'elles pourront avoir de contraire au présent décret.

Art. 6. Le ministre des finances, le ministre de l'intérieur, le maire de Paris et le ministre du commerce seront, en ce qui les concerne, chargés de l'exécution du présent décret.

Arrêté du ministre des finances, du 21 *mars* 1848. Magasin pour dépôt de marchandises, à Paris.

Le membre du Gouvernement provisoire, ministre des finances;

Vu le décret du Gouvernement provisoire, en date de ce jour, relatif à l'établissement de dépôts destinés à recevoir les matières premières, les marchandises, les objets fabriqués que leurs propriétaires voudront placer sous la surveillance de l'Etat;

Arrête ce qui suit:

Art. 1er. Les bâtiments de l'entrepôt réel des douanes, à Paris, sont affectés au dépôt des matières, des marchandises et objets fabriqués que le commerce et l'industrie voudront placer sous la surveillance de l'Etat, et dont la valeur pourra être mobilisée au moyen de récépissés à ordre transférables par voie d'endossement.

Art. 2. L'administration de l'entrepôt est chargée de la délivrance de ces récépissés. Ils seront de deux espèces et de couleur différente.

Les uns s'appliqueront aux marchandises étrangères grevées de droits dus au trésor national. Ils indiqueront la quotité de ces droits.

Les autres seront relatifs aux marchandises d'origine française ou naturalisées par le paiement des droits.

Ces récépissés ou leurs coupures seront conformes aux modèles annexés au présent arrêté, et revêtus, indépendamment d'un timbre spécial, du cachet de l'administration de l'entrepôt et du cachet de la République.

Art. 3. L'administration de l'entrepôt sera tenue, à toute réquisition, de représenter au porteur du récépissé les marchandises qui en font l'objet.

Tout porteur de récépissé régulièrement endossé, aura le droit de l'échanger contre un ou plusieurs récépissés délivrés en son nom. Il ne sera exigé aucun frais par l'administration de l'entrepôt pour la délivrance des récépissés ou de leurs coupures.

Art. 4. Les droits de magasinage et autres que l'administration de l'entrepôt est autorisée à percevoir, lui seront payés d'après le tarif arrêté par la chambre de commerce de Paris, sauf les modifications et additions dont ce tarif serait susceptible à l'égard de certaines classes de marchandises.

Signé GARNIER-PAGÈS.

Magasins généraux pour dépôt de marchandises.

Arrêté du ministre des finances, *du* 26 *mars* 1848.

Le membre du Gouvernement provisoire, ministre des finances,

Vu le décret du Gouvernement provisoire, en date du 21 mars, portant qu'il sera établi des magasins où les négociants et industriels pourront déposer leurs matières premières, marchandises et objets fabriqués, en échange de récépissés transmissibles par endossement;

Vu le décret de ce jour, autorisant la banque de France à accepter les récépissés des magasins publics comme troisième signature;

Considérant que le but de cette mesure est de mobiliser la valeur desdites marchandises, de la convertir en titres négociables et admissibles dans les établissements de crédit, et de faciliter les prêts sur nantissements;

Voulant assurer l'exécution dudit décret,

Arrête :

Art. 1er. Dans toutes les villes où, en exécution du décret du 21 mars, il aura été établi des magasins généraux agréés par l'Etat, les négociants, commerçants et industriels pourront y déposer les matières premières, marchandises et objets fabriqués dont ils seront propriétaires,

en se conformant aux règlements de service intérieur desdits magasins.

Ces établissements seront placés sous la surveillance d'un délégué du ministre des finances.

Art. 2. Lesdites marchandises, spécifiées dans un bordereau de dépôt, devront être de qualité loyale et marchande.

Elles seront assurées contre l'incendie.

Art. 3. Les marchandises déposées seront inscrites sur un registre spécial indiquant la date du dépôt, le nom et le domicile du déposant, l'espèce et la quantité des marchandises.

Art. 4. Des experts choisis par la chambre de commerce, le conseil municipal ou la chambre consultative des arts et manufactures, parmi les négociants, et assistés d'un courtier de commerce ou d'un commissaire-priseur, détermineront, au cours du jour, la valeur vénale des marchandises déposées.

Le procès-verbal d'estimation, signé par les experts et par l'officier public, restera annexé au bordereau de dépôt; et la valeur constatée sera inscrite au registre spécial mentionné dans l'article qui précède.

Il sera alloué à l'officier public qui interviendra une simple vacation de 3 fr.

Art. 5. Un récépissé des marchandises déposées sera remis au déposant.

Ce récépissé, passible d'un droit fixe de 1 fr. 10 cent., sera extrait d'un registre à souche; il exprimera :

La date du dépôt;

Le nom et le domicile du déposant;

L'espèce et la quantité, taxe déduite, de la marchandise;

La valeur mentionnée au procès-verbal d'estimation;

Et le montant des droits de douane, d'octroi ou autres dont elle peut être passible.

Les marchandises déposées pourront, à la demande du déposant, être divisées en plusieurs lots, pour chacun desquels il sera délivré un récépissé distinct.

Art. 6. Les récépissés des marchandises déposées seront transmissibles par voie d'endossement.

L'administration des magasins sera tenue de représenter les marchandises à toute réquisition du titulaire porteur du récépissé.

Art. 7. Toute personne qui voudra prêter sur des marchandises déposées sera valablement saisie du privilége de nantissement par le transfert du récépissé à son ordre, et par la mention dudit transfert sur le registre du magasin, avec indication de la somme prêtée.

Cette mention devra aussi être opérée dans le cas d'endossement pour transmission de la propriété des marchandises.

Art. 8. Les comptoirs nationaux d'escompte pourront admettre, comme seconde signature, le récépissé joint à un billet à ordre. Ce billet devra faire mention du récépissé.

L'appréciation de la somme à avancer sur le récépissé sera faite par le comptoir d'escompte; la durée du prêt ne pourra excéder quatre-vingt-dix jours.

Art. 9. La banque de France et ses comptoirs, ainsi que les banques départementales, pourront admettre les récépissés comme troisième signature.

Art. 10. L'emprunteur pourra toujours rentrer en possession du récépissé, en remboursant le montant du prêt au cessionnaire porteur.

Dans ce cas, celui-ci tiendra compte à l'emprunteur des intérêts à courir depuis le jour du remboursement jusqu'à l'échéance du prêt, sous déduction de l'intérêt de dix jours.

Art. 11. A défaut de paiement à l'échéance, le cessionnaire porteur du récépissé pourra exercer son recours contre l'emprunteur et les endosseurs, ou sur la marchandise déposée. Dans ce dernier cas, le président du tribunal de commerce, sur la simple production de l'acte de protêt, ordonnera la vente de la marchandise aux enchères.

Signé GARNIER-PAGÈS.

Appareils à vapeur, en Algérie.

Arrêté du ministre de la guerre (par délégation du Gouvernement provisoire), du 8 avril 1848, relatif aux machines et chaudières à vapeur employées sur terre en Algérie.

Le ministre de la guerre;

En vertu du décret du Gouvernement provisoire en

date du 2 mars 1848 (1), portant que les affaires d'administration courante qui ne pouvaient être réglées qu'au moyen d'ordonnances royales seront valablement décidées par le ministre provisoire du département auquel ces affaires ressortissent;

Vu l'ordonnance du 22 mai 1843, relative aux machines et chaudières à vapeur employées sur terre, rectifiée par celle du 15 juin 1844;

Le rapport du service des mines, des 11 et 12 janvier 1847, tendant à rendre cette ordonnance applicable en Algérie;

L'avis du directeur des travaux publics, du 20 septembre 1847;

La délibération du conseil supérieur d'administration de l'Algérie, du 17 février 1848;

Vu le décret du gouvernement provisoire, du 2 mars 1848;

Arrête :

Art. 1er. L'ordonnance du 22 mai 1843, relative aux machines et chaudières à vapeur employées sur terre, est déclarée exécutoire en Algérie, sauf les articles 76, 77, 79 et 81.

Art. 2. L'instruction sur les mesures de précaution habituelles à observer dans l'emploi des machines et des chaudières à vapeur, publiée par le ministre des travaux publics, le 22 juillet 1843, en exécution de ladite ordonnance, sera affichée à demeure dans l'enceinte des ateliers.

Art. 3. Les attributions dévolues en France par l'ordonnance du 22 mai 1843, aux maires, sous-préfets, aux préfets, aux conseils de préfecture, au ministre des travaux publics et au conseil d'Etat, seront exercées en Algérie par les autorités civiles ou militaires correspondantes, et en France par le ministre de la guerre et par le conseil d'Etat.

Art. 4. Le recours au conseil d'Etat réservé par le premier paragraphe de l'article 11 de ladite ordonnance, devra être précédé d'un recours au conseil de direction de la province.

Art. 5. Les propriétaires d'établissements aujourd'hui existants se conformeront aux prescriptions de l'ordon-

(1) Voir ce décret, ci-après, p. 805.

nance du 22 mai 1843, dans le délai d'un an à dater de la publication du présent arrêté qui sera inséré au Moniteur algérien et au bulletin des actes officiels du gouvernement de l'Algérie.

Signé F. ARAGO.

Abolition de l'impôt sur le sel.

Rapport fait au Gouvernement de la République par le membre du Gouvernement provisoire, ministre des finances, sur l'abolition de l'impôt du sel. (Extrait du *Moniteur*, du 16 avril 1848.)

Citoyens,

Il est écrit que tous les Français doivent contribuer aux charges publiques dans la proportion de leur fortune.

Loyalement comprise, cette formule contient toute la doctrine de la révolution en matière d'impôts.

Il en résulte, en effet, que les charges sont proportionnelles aux forces; qu'il faut ne demander rien à ceux qui n'ont rien; que les malaisés doivent peu; qu'il est juste de demander beaucoup au superflu.

La monarchie subissait la lettre du principe; mais, dans la pratique, elle en éludait frauduleusement l'esprit. Cherchez parmi tous les monuments de sa législation financière, vous y trouverez partout le respect des forts, la haine des faibles. Aux époques les plus récentes, comme dans les plus reculées, c'est sur le pauvre que pèsent le plus les charges de la société. Esclave, serf, prolétaire, le peuple verse par tous les canaux, avec son sang, le fruit de son travail. Un homme est reconnu noble à ce signe : il ne paie point d'impôt; non noble à ce signe : les collecteurs ont saisi les instruments de son travail.

Cependant l'esprit du christianisme prévaut dans les faits humains; la révolution s'empare du monde. Par une conséquence forcée, le principe de l'impôt est aussitôt changé. Il était oppresseur, il devient juste. Tout d'abord les charges les plus iniques disparaissent; les principes proclamés s'appliquent; l'impôt progressif sur le revenu, sur la richesse produite, suit de près l'abolition des taxes

que des vexations séculaires avaient rendues particulièrement odieuses.

Puis, à cette grande évolution de la justice dans l'humanité succède une réaction violente. Un moment effacées sous la République, les vieilles iniquités ressuscitent sous l'empire, durent sous la restauration, et se perpétuent jusqu'à nous à travers des oscillations diverses.

A son avénement, la République a donc trouvé debout face à face de généreux principes et des faits déplorables. Elle a pour mission de faire prévaloir les principes nouveaux contre les anciens faits.

Charger le fort dans une juste mesure, et, dans une juste mesure aussi, décharger le faible; en un mot, proportionner le devoir au pouvoir, tel est désormais le principe fondamental, le but nécessaire de votre politique financière.

Or, citoyens, parmi les impôts qui depuis tant de siècles pèsent sur le peuple, il n'en est pas un seul qui soit plus onéreux, plus justement détesté que celui du sel. Comme toutes les autres inventions fiscales de l'ancienne monarchie, cette taxe, légère d'abord, ne devait être que temporaire. Successivement, elle dura et s'aggrava.

De 8 sous par muid elle s'éleva rapidement à 48 sous, et bientôt, tant la progression fut violente, à 45 livres. Plus tard, elle atteignait le chiffre de 397 livres le muid, puis elle ne cessa de s'accroître; si bien qu'à la fin du XVI[e] siècle on le payait à Paris 864 livres le muid, et au commencement du XVII[e] siècle 2.460 livres dans les provinces de grande gabelle.

A quelques années de là, un des hommes qui ont le plus honoré la France, et qui n'était pas moins grand par le génie que par le cœur, Vauban, écrivait: « Le sel est une manne dont Dieu a gratifié le genre humain, et sur lequel, par conséquent, on n'aurait jamais dû mettre d'impôt. » De Vauban jusqu'à la révolution, l'impôt du sel s'accrut de plus en plus, et l'histoire ne dira jamais assez par quelle barbarie il fut maintenu.

Dès que la justice reparaîtrait, il devait tomber: il tomba dès les premiers jours de la révolution. Réduit d'abord dans les proportions les plus larges, il fut bientôt complétement aboli. (Lois de septembre 1789 et de mars 1790.)

L'empire ressuscite les vieilles institutions politiques,

et du même coup les vieilles institutions fiscales. Droit souverain de la logique! Et, comme la restauration avait recueilli l'héritage de l'empire, le gouvernement du 7 août 1830 reçoit celui de la restauration. Pendant dix-sept ans l'impôt du sel, condamné au triple point de vue de la science, de l'humanité, de la politique, résiste aux réclamations persévérantes de la justice et de l'opinion.

Citoyens, c'est à vous d'effacer définitivement cette iniquité séculaire. Si les prodigalités du régime déchu, si l'impérieuse nécessité de pourvoir aux droits du travail, si la situation extérieure de la France ne vous permettent pas une résolution soudaine, immédiatement applicable; si, en outre, aux termes mêmes des lois, il est indispensable d'accorder un certain délai aux commerçants qui ont en magasin des quantités de sel ayant acquitté l'impôt, décidez au moins, par un décret formel, que la doctrine révolutionnaire en matière d'impôt prévaudra définitivement dans le budget de la France républicaine, et qu'à partir du dernier jour de cette année l'impôt du sel est aboli dans toute l'étendue de la République.

Je ne m'étendrai pas, citoyens, sur la grandeur du sacrifice que cette grande mesure impose au trésor. J'aime mieux dire quelques mots des avantages qui doivent en résulter pour le peuple.

On a beaucoup discuté, on discutait encore hier sur la question de savoir si le prix vénal du sel exerçait quelque influence sur la consommation. Quelques chiffres tranchent le débat.

Avant la révolution, dans les provinces de grandes gabelles, la consommation par tête était de 4 kilog. 580 gr.

De 1793 à 1806, la consommation atteignait 10 kilog. par tête.

Après la loi de 1806, la consommation redescend à 6 kilog. 630 gr., et après la loi ultrafiscale de 1813, à 3 kilog. 467 gr.

Maintenant, il vous sera facile de calculer la portée de ces variations, si vous vous rappelez qu'il n'est pas une substance qui joue un plus grand rôle que le sel dans la vie animale, agricole, industrielle. Le sel est pour le peuple un objet de première nécessité; il sert à prévenir les maladies qu'engendre la mauvaise qualité des aliments; il répare les vices d'une nourriture insuffisante et sans vigueur.

En agriculture, c'est un axiome vulgaire qu'une livre de sel fait dix livres de viande, et que six livres de foin mélangé de sel valent autant pour la nourriture des bestiaux que huit livres de foin non salé.

Relativement au commerce intérieur et extérieur, la question n'a pas une moindre importance. Si le sel se vendait à sa vraie valeur, il pourrait servir non-seulement à l'assaisonnement, mais encore à la conservation des aliments ; et il serait désormais possible aux produits de la pêche française de lutter sur les marchés étrangers avec les produits similaires de l'Angleterre et des Etats-Unis.

Toutefois, citoyens, il ne suffit pas d'en décréter la justice, il faut en assurer la pratique.

C'est en faveur des pauvres que vous allez décréter l'abolition de l'impôt ; il faut qu'elle profite au pauvre. Vos intentions seraient violées, le sacrifice du trésor serait en pure perte, si les producteurs seuls en recueillaient le bénéfice. Sur divers points du territoire, et particulièrement dans une vingtaine de nos départements du midi et du centre, des coalitions se sont formées et subsistent qui maintiennent les prix à un taux exorbitant. Il faut que ces coalitions soient rendues impossibles. Or, pour atteindre à ce but, vous n'avez qu'un moyen : la possibilité d'une concurrence. Je vous propose donc de décréter qu'à partir du jour où l'impôt du sel aura cessé d'être levé, les sels étrangers seront admis à l'importation, moyennant un faible droit. Cette mesure, citoyens, est d'une absolue nécessité, si vous voulez que le renchérissement des prix par le monopole soit efficacement prévenu. Et j'ajoute qu'elle ne portera aucun préjudice aux producteurs nationaux, s'ils veulent ne point abuser ; car les conditions où se trouve la France pour la production du sel sont tellement favorables, que leurs intérêts se trouveront suffisamment sauvegardés par l'établissement d'un très-faible droit d'entrée.

Vous avez enfin à considérer ici les intérêts de vos colonies, principalement ceux de l'Algérie et ceux de votre marine. Il y est pourvu par un article spécial du décret ci-après.

En résumé, citoyens, dans l'ordre social et politique, vous avez effacé déjà plus d'une injustice. Je vous propose de consacrer solennellement une nouvelle répara-

tion, et de montrer à la France qu'en proclamant la République, ce n'est pas un vain nom que vous avez inscrit sur son drapeau.

Signé GARNIER-PAGÈS.

Décret du Gouvernement provisoire, du 15 *avril* 1848.

Le Gouvernement provisoire,

Considérant que les citoyens doivent contribuer aux charges publiques dans la proportion de leur fortune;

Considérant que le gouvernement républicain a pour devoir et pour but de faire prévaloir dans la pratique cette formule de justice et d'humanité;

Considérant qu'il est indispensable de supprimer ou de transformer les impôts qui pèsent plus spécialement sur les pauvres;

Considérant que, de tous les impôts de consommation, celui du sel est le plus onéreux et le plus inique;

Considérant que la santé du peuple, la prospérité de l'agriculture, le développement de l'industrie et du commerce en exigent impérieusement l'abolition;

Voulant réparer à l'égard du peuple une des plus criantes injustices des siècles passés;

Sur le rapport du ministre des finances,

Décrète:

Art. 1[er]. A partir du 1[er] janvier 1849, l'impôt du sel est aboli.

Art. 2. A partir de la même époque, la prohibition d'entrée des sels étrangers est pareillement abolie.

Il sera perçu sur les sels étrangers une taxe de 25 centimes par 100 kilogrammes à leur importation par terre;

De 50 centimes à leur importation par mer sous pavillon français;

Et de 2 francs à leur importation sous pavillon étranger.

Art. 3. Les sels des colonies et possessions françaises d'outre-mer seront admis en franchise de toute taxe.

Art. 4. Les sels étrangers destinés à l'approvisionnement des navires français armés pour la pêche de la morue, seront affranchis de toute taxe.

Art. 5. Le membre du Gouvernement provisoire, ministre des finances, est chargé de l'exécution du présent décret.

Arrêté du ministre des travaux publics (par délégation du Gouvernement provisoire), du 17 *avril* 1848, *qui autorise MM.* DE WENDEL *et* DE GARGAN *à établir une usine à fer à* STIRING, *commune de* FORBACH (Moselle). Usine à fer, à Stiring.

Cette usine comprendra :
1° Quatre hauts-fourneaux au coke;
2° Seize fours à puddler;
3° Huit fours à réverbère de chaufferie;
4° Et les machines soufflantes et de compression nécessaires au roulement de l'établissement.

(Extrait.)

Art. 7. Les employés des douanes auront le droit de recensement dans l'usine, et pourront user de ce droit sans être tenus de se faire assister par un officier municipal.

Arrêté du ministre des travaux publics (par délégation du Gouvernement provisoire), du 17 *avril* 1848, *qui autorise M.* DU TAILLIS *à maintenir en activité l'usine à fer de* LA ROMAINE, *qu'il possède sur la rivière de ce nom, commune de* PONT-DE-PLANCHES (Haute-Saône). Usine à fer de la Romaine.

La consistance de cette usine est et demeure fixée ainsi qu'il suit, savoir :
1° Un haut-fourneau au charbon de bois pour la fusion du minerai de fer;
2° Un patouillet pour le lavage de ce minerai.

Lavoirs à mines, commune d'Épagny.

Arrêté du ministre des travaux publics (par délégation du Gouvernement provisoire), du 17 avril 1848, qui autorise le citoyen Huot *à maintenir en activité un lavoir à cheval et douze lavoirs à bras pour le lavage du minerai de fer, au lieu dit* à la Fontaine, *commune d'*Epagny (Côte-d'Or).

Lavoir à bras, commune de Cosnes.

Arrêté du ministre des travaux publics (par délégation du Gouvernement provisoire), du 17 avril 1848, qui autorise MM. Labbé *et* Legendre *à maintenir en activité un lavoir à bras situé au lieu dit* Warinvaux, *commune de* Cosnes (Moselle).

Sources et puits d'eau salée. — Patente.

Décret du Gouvernement provisoire du 21 avril 1848, portant annulation d'un arrêté du conseil de préfecture des Basses-Pyrénées, *qui avait maintenu M.* Moreau *au rôle des patentes de la commune de* Salies, *exercice 1847, en qualité de raffineur de sel.*

Au nom du peuple français,

Nous, membres du Gouvernement provisoire,

Sur le rapport de la section du contentieux;

Vu la requête présentée au nom du sieur Moreau, fermier des concessionnaires des sources et puits d'eau salée de Salies (Basses-Pyrénées), ladite requête tendant à l'annulation d'un arrêté du conseil de préfecture des Basses-Pyrénées, lequel l'a maintenu, en 1847, dans la commune de Salies, à la patente qui lui avait été assignée en qualité de raffineur de sel;

Vu l'avis du maire et des agents des contributions directes;

Vu l'arrêté attaqué;

Vu les observations du ministre des finances, en réponse à la communication qui lui a été donnée du recours susvisé, lesdites observations enregistrées comme dessus le 12 février 1848, et concluant à l'admission du pourvoi;

Ensemble toutes les pièces jointes au dossier;
Vu les lois des 17 juin 1840 et 25 avril 1844;
Ouï Me Moreau, avocat du requérant;
Ouï M. Cornudet, maître des requêtes, faisant fonctions du ministère public;
Considérant que la loi du 17 juin 1840 a soumis les exploitations des sources ou puits d'eau salée au régime des mines; qu'en conséquence, elles doivent jouir de l'exemption accordée par le § 4 de l'art. 13 de la loi du 25 avril 1844 aux concessionnaires de mines pour le fait de l'extraction et de la vente des matières par eux extraites;
Considérant qu'il résulte de l'instruction que le requérant, fermier des concessionnaires des sources et puits d'eau salée situés dans la commune de Salies, se bornait en 1847 à l'exploitation desdites sources et puits; que, dès lors, c'est à tort que le conseil de préfecture des Basses-Pyrénées l'a maintenu, pour ladite année, au rôle des patentes de la commune de Salies, en qualité de raffineur de sel;
Le conseil d'Etat entendu,
Avons décrété ce qui suit :
Art. 1er. L'arrêté du conseil de préfecture des Basses-Pyrénées, en date du 29 juin 1847, est annulé.
Art. 2. Il est accordé décharge au sieur Moreau des droits fixe et proportionnel de patente auxquels il a été soumis dans la commune de Salies, pour l'exercice 1847, en qualité de raffineur de sel.
Art. 3. Le ministre de la justice et le ministre des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret.

Arrêté du ministre de la guerre, du 29 *avril* 1848, *qui autorise le citoyen* Bassano *et* Cie *à établir une usine à fer près de* Bône *en* Algérie.

Usine à fer, près de Bône, en Algérie.

Le ministre de la guerre,
Vu la demande formée le 21 juin 1846, par le citoyen de Bassano et compagnie, à l'effet d'obtenir l'autorisation de construire dans la plaine de l'Alelik, près de Bône (province de Constantine), six hauts-fourneaux pour le

traitement des minerais de fer provenant de la concession de la Méboudja, accordée au citoyen E. de Bassano, le 9 novembre 1845;

Les deux plans à l'appui;

Les certificats des publications et affiches;

Le numéro du *Moniteur Algérien*, du 25 juillet 1846, dans lequel a été inséré l'avis administratif concernant ladite demande;

La lettre des demandeurs, du 24 avril 1847, contenant des explications destinées à compléter leur pétition;

Le rapport de l'ingénieur ordinaire des mines, du 7 juillet 1847;

L'avis de l'ingénieur en chef des mines, du 17 du même mois;

Le rapport de l'inspecteur chef du service des forêts, du 23 dudit mois;

L'avis du directeur des finances et du commerce, du 30 du même mois;

L'arrêté du directeur des travaux publics, du 2 août 1847, autorisant l'établissement de la machine à vapeur destinée à mettre en mouvement la soufflerie de deux hauts-fourneaux;

Le rapport de ce fonctionnaire, en date du même jour, concernant la demande précitée;

La délibération du conseil supérieur d'administration de l'Algérie, du 3 septembre 1847;

La lettre du ministre des travaux publics, du 11 février 1848;

Vu la loi du 21 avril 1810 et le décret du 18 novembre suivant;

Vu l'avis du comité des travaux publics, de l'agriculture et du commerce du conseil d'Etat, du 11 avril 1848;

Arrête :

Art. 1er. Le citoyen de Bassano et compagnie sont autorisés à construire dans les plaines de l'Alelik, à quatre kilomètres environ de Bône (province de Constantine), en Algérie, une usine à fer composée de deux hauts-fourneaux et de deux fours à griller, conformément aux deux plans joints au présent arrêté.

Art. 2. Les permissionnaires se conformeront, en ce qui concerne la machine à vapeur qui doit mettre en mouvement les machines soufflantes des deux hauts-fourneaux,

aux règlements existants ou à intervenir sur les machines à vapeur.

Ils ne pourront, en conséquence, faire usage, dans leur usine, de machines à vapeur autres que celle autorisée par arrêté du directeur des travaux publics du 2 août 1847, avant d'avoir préalablement satisfait aux formalités prescrites par lesdits règlements et obtenu une nouvelle autorisation.

Art. 3. Ils mettront leur usine en activité dans le délai d'un an au plus tard, à dater de la notification qui leur aura été faite du présent arrêté.

Art. 4. Les constructions relatives aux machines et fourneaux seront exécutées sous la surveillance de l'ingénieur ordinaire des mines de la province de Constantine. Ce fonctionnaire dressera, en présence des permissionnaires, un procès-verbal en triple expédition, de la vérification des ouvrages après leur achèvement. Une expédition de ce procès-verbal sera déposée à la sous-direction de Bône, une autre à la direction des affaires civiles de la province de Constantine, et la troisième sera transmise au ministre de la guerre.

Art. 5. Les permissionnaires ne pourront augmenter leur usine, ni apporter aucun changement aux dispositions prescrites par le présent arrêté, sans en avoir obtenu l'autorisation du Gouvernement dans les formes prescrites par les lois et règlements.

Art. 6. Ils tiendront leur usine en activité constante, et ne pourront la laisser chômer sans cause reconnue légitime par l'administration.

Art. 7. Ils répondront civilement des délits qui seraient commis dans les forêts où sont situées leurs affectations, par les ouvriers qu'ils y emploieront; ils se soumettront, pour l'exécution de ces dispositions, à la surveillance des agents et gardes forestiers locaux.

Art. 8. Conformément à l'article 36 du décret du 18 novembre 1810, ils fourniront, tous les ans, au directeur des travaux publics, pour être transmis aux ingénieurs des mines et au ministre de la guerre, toutes les fois qu'il en fera la demande, des états certifiés des matières premières employées, des produits fabriqués, ainsi que des ouvriers employés dans leur usine.

Art. 9. Ils se conformeront aux lois et règlements existants ou à intervenir sur le fait des usines, ainsi

qu'aux instructions qui leur seront données par l'administration des mines en ce qui concerne la police des usines et la sûreté des ouvriers.

Art. 10. En exécution de l'article 75 de la loi du 21 avril 1810, les permissionnaires paieront, à titre de taxe fixe et pour une fois seulement, la somme de cinquante francs, qui sera versée entre les mains du receveur des domaines de l'arrondissement, dans le mois qui suivra la notification qui leur aura été faite du présent arrêté.

Art. 11. Les permissionnaires seront tenus d'avoir un compte ouvert au bureau de la douane à Bône, et se soumettront au libre exercice des employés des douanes, dans leur établissement, sans que ceux-ci soient obligés de se faire assister par un officier municipal.

Art. 12. Faute par les permissionnaires de se conformer aux dispositions prescrites ci-dessus, leur établissement pourra être mis en chômage par un arrêté du directeur des affaires civiles de la province, et la révocation du présent acte de permission pourra être poursuivie ainsi que de droit.

Art. 13. Le présent arrêté sera publié au Moniteur Algérien, au bulletin officiel des actes du Gouvernement de l'Algérie, et affiché à Alger et à Bône, à la diligence du directeur des affaires civiles et aux frais des permissionnaires.

Art. 14. Le gouverneur général est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Signé F. ARAGO.

Fours à puddler et à réchauffer, à Blanc-Misseron.

Arrêté du ministre des travaux publics (par délégation du Gouvernement provisoire), du 1er mai 1848, portant que MM. Dupont *et* Cie *sont autorisés à ajouter quatre fours à puddler et deux fours à réchauffer à leur usine à fer de* Blanc-Misseron, *commune de* Crespin (Nord).

La consistance de ladite usine demeure, en conséquence, fixée ainsi qu'il suit :

1° Un four de finerie ;

2° Huit fours à puddler ;

3° Quatre fours à réchauffer;

4° Deux cubilots;

5° Les machines soufflantes, les machines de compression et d'étirage, et tous les accessoires nécessaires à la fabrication du fer et au moulage de la fonte.

Décret du Gouvernement provisoire, du 6 mai 1848, *annulant un arrêté du préfet de la* Charente-Inférieure, *qui avait interdit à MM.* Cotton frères *d'établir une forge de grosses œuvres, une machine à vapeur, etc., dans leur propriété, sise rue* Saint-Léonard, *à* la Rochelle.

Forge de grosses œuvres, atelier de forge et d'ajustage, machine à vapeur à haute pression, fourneaux pour le fer et le cuivre, 2e fusion.

Au nom du Peuple Français,

Nous membres du Gouvernement provisoire,

Sur le rapport de la section du contentieux,

Vu la requête présentée par les sieurs Cotton frères, demeurant à la Rochelle, ladite requête enregistrée au secrétariat général du conseil d'Etat, le 7 mars 1846, et tendant à ce qu'il plaise annuler un arrêté du préfet de la Charente-Inférieure, en date du 2 décembre 1845, qui leur a refusé l'autorisation d'établir dans un local leur appartenant à la Rochelle, rue Saint-Léonard, n° 16, une usine de grosses œuvres disposée en outre pour la fonte du fer et du cuivre, et de placer dans ledit local une chaudière à vapeur quelconque pour servir soit à mettre en mouvement les tours et autres machines de l'établissement, soit à faire fonctionner un ventilateur, soit à tout autre usage; — Ce faisant, les autoriser à établir dans ledit local, 1° une machine à vapeur à haute pression, de la force de six chevaux, laquelle sera enfermée dans le sol, conformément à l'article 36 de l'ordonnance du 22 mai 1843, ainsi qu'ils offrent de le faire, et devra d'ailleurs avoir les dimensions énoncées dans la demande adressée par eux au préfet de la Charente-Inférieure, le 12 mai 1845; les requérants déclarant au surplus qu'ils sont prêts, si cette mesure est jugée nécessaire, à réduire d'un centimètre et demi le rayon de chacun des cylindres qui forment la chaudière, de manière à faire rentrer leur machine dans la troisième classe établie par l'ordonnance précitée, selon les indications consignées dans le

rapport de l'ingénieur des ponts-et-chaussées, du 29 septembre 1845; 2° deux fourneaux pour la fonte du fer et du cuivre, le premier dans le système dit *fourneau à la Wilkinson*, le second destiné à opérer la fonte au creuset;

Vu l'arrêté attaqué;

Vu la demande adressée par les sieurs Cotton frères au préfet de la Charente-Inférieure, le 12 mai 1845, et tendant à obtenir l'autorisation d'établir 1° un atelier de forge et d'ajustage; 2° une machine à vapeur à haute pression de la force de six chevaux; 3° deux fourneaux pour la fonte du fer et du cuivre;

Vu le plan des lieux et le dessin géométrique de la chaudière;

Vu le procès-verbal d'enquête ouvert le 14 juillet 1845, clos le 27 du même mois;

Vu l'avis du maire de la Rochelle, en date du 18 septembre 1845;

Vu le rapport de l'ingénieur ordinaire du 1er arrondissement de la Charente-Inférieure, en date du 29 septembre 1845, approuvé par l'ingénieur en chef le 30 du même mois;

Vu la lettre du préfet de la Charente-Inférieure au ministre du commerce et de l'agriculture, en date du 18 avril 1846;

Vu les observations du ministre du commerce et de l'agriculture, en réponse à la communication qui lui a été donnée de la requête ci-dessus visée, lesdites observations enregistrées au secrétariat général du conseil d'État, le 16 décembre 1846;

Vu toutes les pièces produites et jointes au dossier;

Vu le décret du 15 octobre 1810, et les ordonnances des 14 janvier 1815, 9 février 1825, 5 novembre 1826 et 22 mai 1843;

Ouï Me Béchard, avocat des sieurs Cotton frères;

Ouï M. Cornudet, maître des requêtes, commissaire du gouvernement.

En ce qui touche le refus d'autorisation relatif à l'établissement d'une forge de grosses œuvres:

Considérant que les forges de grosses œuvres sont seules rangées dans la deuxième classe des établissements incommodes, et que les forges où l'on ne fait pas usage de moyens mécaniques pour mouvoir soit les marteaux, soit

les masses soumises au travail, ne sont pas comprises au nombre de ces établissements;

Considérant qu'il résulte de la demande originaire des sieurs Cotton frères et des déclarations contenues dans la requête, qu'ils se proposent seulement d'établir un atelier de forge et d'ajustage;

Considérant qu'un établissement de cette nature n'est pas classé parmi les établissements incommodes; qu'il ne constitue pas une industrie nouvelle; que, dès lors, il ne se trouve pas dans le cas de l'art. 5 de l'ordonnance royale du 14 janvier 1815, et qu'ainsi c'est à tort que le préfet de la Charente-Inférieure a fait application dudit article dans l'espèce.

En ce qui touche le refus d'autorisation relatif à l'établissement d'une machine à vapeur et de deux fourneaux pour la fonte du fer et du cuivre:

Considérant qu'il résulte de l'instruction que, moyennant l'accomplissement de certaines conditions propres à garantir les intérêts des propriétaires et habitants voisins, l'établissement de ladite machine et desdits fourneaux ne doit pas présenter des inconvénients de nature à faire refuser l'autorisation demandée par les requérants;

Le conseil d'Etat entendu,

Avons décrété ce qui suit:

Art. 1er. L'arrêté du préfet de la Charente-Inférieure, en date du 2 décembre 1845, est annulé.

Art. 2. Les sieurs Cotton frères sont autorisés à établir dans leur propriété, sise à la Rochelle, rue Saint-Léonard, n. 16, et sous les conditions qui seront déterminées par le préfet de la Charente-Inférieure, devant lequel ils sont renvoyés à cet effet: 1° une machine à vapeur à haute pression de la force de six chevaux et devant fonctionner à une pression maximum de quatre atmosphères; 2° un fourneau à la Wilkinson pour la fonte du fer, deuxième fusion, et un fourneau destiné à opérer la fonte, au creuset, du cuivre, deuxième fusion.

Art. 3. Le ministre de la justice et le ministre de l'agriculture et du commerce sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret.

Mines d'antimoine, plomb et autres métaux de la Bousole.

Arrêté du ministre des travaux publics (par délégation du Gouvernement provisoire), du 10 mai 1848, portant qu'il n'y a lieu à allouer à M. FABRE *une indemnité à titre d'inventeur des mines d'antimoine, plomb et autres métaux de* LA BOUSOLE (Aude), *concédées par l'ordonnance du 27 avril 1838 à MM.* PALIOPY *et* RIBES.

Le membre du Gouvernement provisoire, ministre des travaux publics,

En vertu du décret, en date du 2 mars 1848, dont la » teneur suit: « Les affaires d'administration courante » qui, dans l'état actuel de la législation, ne pouvaient être » réglées qu'au moyen d'ordonnances royales, seront va- » lablement décidées par le ministre provisoire du dépar- » tement auquel ces affaires ressortissent.

« Les affaires pour lesquelles l'avis du conseil d'Etat » était exigé continueront à lui être soumises. »

Vu les mémoires présentés les 15 juin 1843 et 25 février 1844, au nom de M. Jean-Baptiste Fabre, tendant à être reconnu inventeur des mines d'antimoine, plomb et autres métaux, dites *de la Bousole*, département de l'Aude, concédées à MM. Paliopy et Ribes par l'ordonnance du 27 avril 1838, et à obtenir une indemnité en cette qualité;

Les observations en réponse de M. Paliopy, en date du 6 septembre 1843;

Les diverses pièces respectivement produites à l'appui desdits mémoires et observations;

Le rapport de l'ingénieur des mines, du 12 janvier 1844, et l'avis de l'ingénieur en chef, du 22 du même mois;

L'avis du préfet, du 27 janvier 1844, qui déclare que de l'examen des divers documents produits, il résulte que M. Fabre n'est pas inventeur, et qui conclut à repousser purement et simplement la demande en indemnité de M. Fabre;

L'avis du conseil général des mines, du 19 avril suivant;

Vu les ordonnances des 27 avril 1838, 18 mars 1843 et 23 novembre 1847;

Le nouveau mémoire présenté par M. Fabre, le 29 avril dernier;

Vu la loi du 21 avril 1810;

Le conseil d'Etat entendu,

Arrête ce qui suit :

Art. 1er. Il n'y a lieu d'allouer à M. Jean-Baptiste Fabre, une indemnité à titre d'inventeur des mines d'antimoine, plomb et autres métaux, dites *de la Bousole,* département de l'Aude, concédées par l'ordonnance du 27 avril 1838 à MM. Paliopy et Ribes.

Art. 2. Le présent arrêté sera inséré par extrait au *Bulletin des lois.*

Signé MARIE.

Arrêté du ministre des travaux publics (par délégation du Gouvernement provisoire), du 10 mai 1848, portant que MM. NANT *et* Cie *sont autorisés à établir, au quartier dit* RAMAS, *commune du* POUZIN (Ardèche), *une usine à fer qui comprendra :* Usine à fer, au quartier du Ramas, commune du Pouzin.

1° Quatre hauts-fourneaux ;

2° Quarante-deux fourneaux de grillage ou de calcination pour les minerais;

3° Deux cent six fours à coke.

(Extrait.)

Art. 2. Les permissionnaires ne pourront profiter de la présente permission qu'autant que les appareils à vapeur destinés à faire mouvoir l'usine auront été autorisés conformément aux prescriptions de l'ordonnance du 22 mai 1843.

Art. 3. Les permissionnaires sont tenus de ne faire fonctionner leurs hauts-fourneaux qu'à gueulard fermé;

Ils brûleront, autant que possible, dans les fours de grillage, la fumée des fours à coke.

Art. 6. Ils ne pourront faire usage dans leur usine que de combustibles minéraux.

Art. 9. Dans le cas où des cendres, scories, laitiers et matières stériles de toutes sortes devraient être déposés hors de l'enceinte de l'usine et des propriétés qui en dépendent, les permissionnaires seront tenus de faire ces dépôts dans les endroits et suivant le mode qui leur seront indiqués par l'administration.

Si lesdites matières pouvaient être utilisées, soit pour digues, le long des cours d'eau, soit pour exhaussement du lit de ces cours d'eau, soit pour empierrement et remblais sur les voies de communication ordinaires ou en fer, l'administration aurait le droit de leur donner ces destinations, moyennant indemnité, s'il y avait lieu, en faveur des permissionnaires, pour l'augmentation de frais de transport.

Minières du Bois de la Butte.

Décret du Gouvernement provisoire, du 15 *mai* 1848, *relatif au désistement d'un pourvoi formé par feu madame* DE LA VIEUVILLE, *propriétaire des minières du* BOIS DE LA BUTTE, *contre un arrêté du préfet de la* Moselle, *déterminant les proportions suivant lesquelles quatre usines du voisinage ont droit de participer aux produits desdites minières.*

Nous, membres du Gouvernement provisoire de la République,

Sur le rapport de la section du contentieux,

Vu la requête présentée par la dame de la Vieuville, propriétaire, demeurant à Paris, place du Palais-Bourbon, n. 85, ladite requête enregistrée au secrétariat général du conseil d'Etat, le 21 avril 1846, et tendant à l'annulation d'un arrêté du préfet de la Moselle, en date du 16 janvier 1846, qui a déterminé les proportions suivant lesquelles quatre usines du voisinage auraient droit de participer aux produits de la minière du Bois de la Butte dont la dame de la Vieuville était propriétaire;

Vu l'arrêté attaqué;

Vu l'acte en date du 14 décembre 1846, enregistré au secrétariat général du conseil d'Etat, le 14 décembre 1846, par lequel les héritiers de la dame de la Vieuville déclarent se désister purement et simplement du pourvoi sus-visé, formé par ladite dame, leur auteur, contre le susdit arrêté;

Ouï M. Hély d'Oissel, maître des requêtes, faisant fonctions du ministère public;

Considérant que le désistement est pur et simple, et que rien ne s'oppose à ce qu'il en soit donné acte;

Le conseil d'Etat entendu,

Avons décrété ce qui suit :

Art. 1er. Acte est donné, tant au ministre des travaux publics qu'aux héritiers de la dame de la Vieuville, du désistement ci-dessus visé.

Art. 2. Le ministre de la justice et le ministre des travaux publics sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret.

Approuvé le 15 mai 1848.
Par délégation du Gouvernement provisoire de la République,
Le ministre de la justice,
Signé AD. CRÉMIEUX.

Décret du Gouvernement provisoire, du 15 *mai* 1848, *relatif au désistement d'un pourvoi formé par les héritiers de madame* DE LA VIEUVILLE, *propriétaire des minières du* BOIS DE LA BUTTE, *contre un arrêté du préfet de la* Moselle, *qui a imposé à ladite dame la condition de ne livrer du minerai qu'aux quatre usines du voisinage admises à s'y approvisionner.* Minières du Bois de la Butte.

Nous, membres du Gouvernement provisoire de la République;

Sur le rapport de la section du contentieux;

Vu la requête présentée par le sieur Ernest de Lambertye-Fornièle de Gerbeviller et consorts, héritiers de la dame de la Vieuville; ladite requête enregistrée au secrétariat général du conseil d'Etat, le 7 septembre 1846, et tendant à obtenir l'annulation d'un arrêté du préfet de la Moselle, en date du 22 avril 1846, lequel leur imposait la condition de ne livrer du minerai qu'aux quatre usines dont, par un arrêté du 16 janvier précédent, les approvisionnements avaient été fixés;

Vu l'arrêté attaqué;

Vu l'acte du 14 décembre 1846, enregistré au secrétariat général du conseil d'Etat, le 14 décembre 1846, par lequel le sieur Ernest de Lambertye-Fornièle de Gerbeviller et consorts, héritiers de la dame de la Vieuville,

déclarent se désister purement et simplement du pourvoi sus-visé formé contre le susdit arrêté ;

Ouï M. Hély-d'Oissel, maître des requêtes, faisant fonctions du ministère public ;

Considérant que le désistement est pur et simple et que rien ne s'oppose à ce qu'il en soit donné acte ;

Le conseil d'État entendu ;

Avons décrété ce qui suit :

Art. 1er. Acte est donné, tant au ministre des travaux publics qu'aux héritiers de la dame de la Vieuville, du désistement ci-dessus visé.

Art. 2. Le ministre de la justice et le ministre des travaux publics sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret.

Approuvé le 15 mai 1848.

Par délégation du Gouvernement provisoire de la République,

Le ministre de la justice,

Signé AD. CRÉMIEUX.

Fontes aciéreuses importées d'Algérie.

Arrêté de la commission du Pouvoir exécutif (1), *du* 6 *juin* 1848.

(Extrait.)

La commission du Pouvoir exécutif,

Considérant qu'il importe de mettre le commerce en possession immédiate de certaines modifications au tarif des douanes, réclamées depuis longtemps ;

Considérant la nécessité de développer le travail en Algérie, aussi bien dans l'intérêt de cette colonie que dans l'intérêt de la métropole ;

Vu l'article 34 de la loi du 17 décembre 1814 ;

Vu l'article 5 de la loi du 5 juillet 1836 ;

Vu la loi du 9 juin 1845 ;

Arrête :

Art. 1er. Les droits de douane à l'importation sont éta-

(1) La commission du Pouvoir exécutif est composée de MM. Arago, Garnier-Pagès, Marie, Lamartine et Ledru-Rollin.

blis ou modifiés de la manière suivante, pour les objets ci-après désignés :

. . . .

Fontes aciéreuses provenant des établissements métallurgiques de l'Algérie, importées directement par navires français, des ports désignés par l'article 3 de la loi du 9 juin 1845, et dont l'origine sera dûment justifiée. (Exemptes.)

. . . .

Art. 6. Le ministre de l'agriculture et du commerce et le ministre des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera inséré au *Bulletin des Lois* et au *Moniteur*.

Arrêté de la commission du Pouvoir exécutif, du 6 juin 1848.

Fontes brutes importées de Styrie et de Carinthie.

La commission du Pouvoir exécutif,

Arrête :

Art. 1er. Les fontes brutes de Styrie et de Carinthie, en masses de moins de 15 kilogrammes, suivront le même régime et seront admises aux mêmes droits que les fontes en masses pesant 15 kilogrammes ou plus.

Art. 2. Le ministre de l'agriculture et du commerce et le ministre des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Moniteur* et au *Bulletin des lois*.

Arrêté de la commission du Pouvoir exécutif, du 11 juin 1848.

Importation des fers traités au bois et au marteau.

Art. 1er. Les bureaux principaux de douanes sont ouverts à l'importation des fers traités au bois et au marteau, sous le paiement des droits établis par la loi du 21 décembre 1814.

Art. 2. Le bureau de Bellegarde est ajouté à ceux qui sont désignés pour recevoir les fers spécifiés en l'art. 1er.

Art. 3. Le ministre de l'agriculture et du commerce et le ministre des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté.

Octroi de Paris.
—
Tarif supplémentaire.

Arrêté de la commission du Pouvoir exécutif, du 17 juin 1848.

La commission du Pouvoir exécutif,

Considérant que les ressources de la ville de Paris ne sont pas en rapport avec les charges qui pèsent sur elle;

Considérant que le moyen le plus efficace de mettre cette ville en état de satisfaire à ses dépenses, même ordinaires, est d'étendre ou d'augmenter le tarif actuel de son octroi,

Arrête:

Art. 1er. Le tarif supplémentaire ci-annexé pour la perception de l'octroi de Paris est approuvé.

Art. 2. Les droits imposés sur les matières non comprises audit tarif continueront à être perçus conformément au tarif actuellement en vigueur.

Art. 3. Le décime par franc imposé en sus du droit principal continuera d'être perçu sur toutes les taxes d'octroi.

Art. 4. Pendant la durée de l'année courante, il sera perçu un second décime extraordinaire sur toutes les taxes d'octroi, tant anciennes que nouvelles, à l'exception de celles imposées aux vins en cercle, aux cidres et aux bières fabriquées dans Paris.

Art. 5. Le ministre des finances et le maire de Paris sont chargés de l'exécution du présent arrêté.

Tarif.

(Extrait.)

DÉSIGNATION DES OBJETS assujettis au droit.	UNITÉ sur laquelle portent les droits.	QUOTITÉ du droit (décime non compris).	DISPOSITIONS réglementaires.
Charbon de terre, coke, tourbe carbonisée. .	hect.	0,30	L'escarbille, les briquettes et tous les combustibles dans lesquels il entre des charbons de terre acquittent le droit entier.
Chaux hydraulique, pouzzolanes, ciments de toute espèce.	Id.	2,40	La pierre à chaux et le poussier de pierre à chaux ne paient que moitié du prix.
Chaux grasse, vive ou éteinte, mortiers de toute espèce.	Id.	1,20	
Briques, tuiles et carreaux de toute espèce; pots creux, mitres, tuyaux et toute espèce de poterie employée dans le bâtiment ou dans le jardinage.	100 kilog.	0,30	Les briques neuves carrées ne paient que le demi-droit.
Argile, terre glaise et sable gras.	stère.	0,60	
Fer et fonte de fer de toute espèce.	kilog.	0,01	Le droit est dû sur la totalité des métaux entrant dans Paris, quelle que soit leur destination ultérieure.
Cuivre.	Id.	0,05	
Zinc.	Id.	0,01	

Arrêté de la commission du Pouvoir exécutif, du 19 *juin* 1848, *qui autorise MM.* RIANT *et* Cie *à établir, dans la commune d'*AUBIN (Aveyron), *une usine à fer comprenant* : Usine à fer, à Aubin.

1° Six hauts-fourneaux au coke;
2° Trois cents fours à coke ;

3° Deux mazeries;
4° Quarante fours à puddler à la houille;
5° Douze fours à chauffer à la houille;
6° Deux cubilots;
7° Deux fours à réverbère pour la fusion de la fonte;
8° Enfin les machines soufflantes et de compression nécessaires au roulement de l'usine.

(Extrait.)

Art. 2. Les machines à vapeur destinées au service de l'usine ne pourront fonctionner qu'en vertu d'une autorisation accordée conformément aux prescriptions de l'ordonnance du 22 mai 1843.

Usine à fer, à Ars-sur-Moselle.

Arrêté de la commission du Pouvoir exécutif, du 19 juin 1848, qui autorise les citoyens Dupont *et* Dreyfus *à établir, dans la commune d'*Ars-sur-Moselle (Moselle), *une usine à fer comprenant :*

1° Deux hauts-fourneaux pour la fusion du minerai de fer;
2° Deux cubilots et deux fours à réverbère pour la seconde fusion de la fonte;
3° Les machines soufflantes et tous les accessoires nécessaires au roulement de l'usine.

(Extrait.)

Art. 2. La présente permission ne préjuge rien sur la décision à intervenir au sujet de la demande en concession formée par les citoyens Dupont et Dreyfus, et dont l'administration est en ce moment saisie, de mines de fer oolitique situées dans les environs d'Ars-sur-Moselle.

Additions à l'usine à fer d'Hautmont.

Arrêté de la commission du Pouvoir exécutif, du 19 juin 1848, qui autorise la société anonyme des forges et fonderies de la Providence (Belgique),

*à ajouter à l'usine à fer qu'elle possède dans la commune d'*Hautmont (Nord) :

1° Onze fours à puddler ;
2° Quatre fours à réverbère de chaufferie ;
3° Un four à réverbère pour refondre la fonte ;
4° Les machines de compression et d'étirage nécessaires à la fabrication du fer et à la confection des rails.

En conséquence, ladite usine demeure composée ainsi qu'il suit :

1° D'un haut-fourneau ;
2° D'un feu de finerie ;
3° De vingt-cinq fours à puddler ;
4° De quinze fours à réverbère de chaufferie ;
5° De trois cubilots et de deux fours à réverbère pour refondre la fonte ;
6° Et des machines soufflantes, de compression, d'étirage et autres accessoires nécessaires au roulement de l'usine.

(Extrait.)

Art. 3. Les permissionnaires se soumettront à la formalité du compte ouvert à la douane, et au libre exercice des préposés des douanes, dans leur usine, même aux heures de nuit, sans l'assistance d'un officier municipal.

Les agents de l'administration des douanes seront admis à exercer leur contrôle sur la fabrication, à l'effet de constater le déchet qui résultera des diverses élaborations auxquelles la fonte sera soumise.

Arrêté de la commission du Pouvoir exécutif, du 19 *juin* 1848, *qui autorise le citoyen* Antoine Luzarche *à maintenir en activité l'usine à fer de* Claise, *située sur la rivière de la* Claise, *dans la commune de* Bossay (Indre-et-Loire). Usine à fer de Claise.

Cette usine restera composée d'un haut-fourneau au charbon de bois, d'un feu d'affinerie et des machines soufflantes et de compression nécessaires au roulement de l'établissement.

Usine à fer de l'Épine.

Arrêté de la commission du Pouvoir exécutif, du 19 juin 1848, qui autorise le citoyen Antoine Luzarche *à maintenir en activité l'usine à fer de l'*Épine, *située sur le ruisseau des* Forges, *dans la commune de* Bossay (Indre-et-Loire).

La consistance de cette usine est fixée à un feu d'affinerie et aux machines soufflantes et de compression nécessaires au roulement de l'établissement.

Usine à fer de Fénil.

Arrêté de la commission du Pouvoir exécutif, du 19 juin 1848, qui autorise le citoyen Antoine Luzarche *à remettre en activité l'usine à fer de* Fénil, *située sur le ruisseau des* Forges, *dans la commune de* Bossay (Indre-et-Loire).

Cette usine demeure composée d'un feu d'affinerie et des machines soufflantes et de compression nécessaires au roulement de l'établissement.

Usine à fer, à Berney, commune de Valbenoite.

Arrêté de la commission du Pouvoir exécutif, du 19 juin 1848, qui autorise le citoyen Berger *à maintenir en activité sur le* Furens, *au lieu dit* Berney, *commune de* Valbenoite (Loire), *une usine pour la fabrication du fer, au moyen des riblons, et pour le corroyage et l'étirage de l'acier.*

Ladite usine sera composée de deux fours à réverbère, d'un foyer de chaufferie, des machines de compression et d'étirage et de tous les accessoires nécessaires au travail de l'établissement.

Atelier de lavage de minerai de fer, commune de Lœuilley.

Arrêté de la commission du Pouvoir exécutif, du 19 juin 1848, qui autorise le citoyen Jobard *à établir un lavoir à cheval, ou à sa volonté huit lavoirs à bras, pour la préparation du minerai de fer, dans la commune de* Lœuilley (Haute-Saône).

Arrêté de la commission du Pouvoir exécutif, du 19 juin 1848, *qui autorise madame veuve* DE WENDEL *et* fils *à maintenir en activité, sur un terrain qu'ils tiennent à bail de la commune de* HAVANGE (Moselle), *trois lavoirs à bras pour la préparation du minerai de fer, alimentés par le ruisseau de* KEHLBRUCK. **Lavoirs à bras à Havange.**

Arrêté de la commission du Pouvoir exécutif, du 19 juin 1848, *qui autorise le citoyen* PERRIN-MOREAU *à élever la retenue d'eau du bocard des* PETITS-CHAMPS, *qu'il possède sur la rivière de* BLAISE, *dans la commune de* VASSY (Haute-Marne), *jusqu'à* 2^{m},40, *en contre-haut du seuil de l'empellement de décharge construit en exécution de l'article* 3 *de l'ordonnance du* 7 *mars* 1839. **Bocard des Petits-Champs, commune de Vassy.**

CIRCULAIRES

Adressées à MM. les Préfets et à MM. les Ingénieurs des mines.

M. le Préfet d

Paris, le 31 janvier 1848.

Droit de monter sur les locomotives, accordé à divers agents de l'administration.

Monsieur le Préfet, l'article 39 du règlement général du 15 novembre 1846, concernant la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer, est ainsi conçu :

« Aucune personne autre que le mécanicien et le chauffeur ne pourra monter sur la locomotive ou sur le tender, à moins d'une permission spéciale et écrite du directeur de l'exploitation du chemin de fer.

» Sont exceptés de cette interdiction les ingénieurs des ponts-et-chaussées, les ingénieurs des mines chargés de la surveillance, et les commissaires spéciaux de police. Toutefois ces derniers devront remettre au chef de la station ou au conducteur principal du convoi une réquisition écrite et motivée. »

Quelques doutes se sont élevés récemment sur la question de savoir si l'exception créée par le deuxième paragraphe de l'article précité en faveur de MM. les ingénieurs des ponts-et-chaussées et des mines s'appliquait aux conducteurs, garde-mines et autres agents secondaires placés sous leurs ordres.

Après avoir mûrement examiné cette question, monsieur le Préfet, il m'a paru qu'elle devait se résoudre négativement. J'ai l'honneur de vous faire connaître cette solution, en vous priant d'adresser des instructions en conséquence, pour les chemins de fer qui traversent le territoire de votre département, à MM. les ingénieurs chargés du contrôle de l'exploitation et à MM. les commissaire spéciaux de police.

Veuillez m'accuser réception de la présente, dont j'a-

dresse ampliation à MM. les ingénieurs des ponts-et-chaussées et des mines et à MM. les commissaires spéciaux de police attachés à la surveillance des chemins de fer.

Recevez, monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le pair de France,
ministre secrétaire d'État des travaux publics,
Signé H. JAYR.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

LIBERTÉ, ÉGALITÉ, FRATERNITÉ.

M. le Préfet à

Paris, le 11 mars 1848.

Appareils à vapeur. — Envoi de documents relatifs à divers accidents.

Monsieur le Préfet, j'ai l'honneur de vous adresser des exemplaires imprimés des rapports concernant des explosions de chaudières à vapeur, qui ont eu lieu, l'une en juillet 1846 à bord du bateau *le Concurrent* n° 5, faisant un service de passagers sur la haute Seine; l'autre, en mai 1847, dans une usine située à la Villette près Paris.

Je vous prie de les distribuer, comme les précédentes notices dont il vous a été fait envoi en 1842 et années suivantes, aux propriétaires et constructeurs d'appareils à vapeur dans votre département.

Ces rapports ont également été insérés dans les Annales des mines et dans les Annales des ponts-et-chaussées.

MM. les ingénieurs y trouveront d'utiles documents pour le service qu'ils ont à exercer, soit comme membres des commissions de surveillance des bateaux à vapeur, soit comme chargés de l'inspection des appareils appartenant aux établissements industriels.

L'explosion à bord du *Concurrent*, qui a causé la mort de trois hommes de l'équipage, est arrivée au moment de la mise en train pour le départ. Il a paru probable qu'elle avait été occasionnée par un accroissement subit et considérable de pression, provenant d'une projection de l'eau de la chaudière sur les parois surchauffées du ré-

servoir de vapeur, quelques-uns des tubes calorifères ayant pu être émergés par l'inclinaison du bateau à l'escale, et une alimentation insuffisante ayant pu avoir lieu pendant le temps d'arrêt.

On a remarqué aussi que les conduits de la flamme et de la fumée, à section triangulaire, présentaient une forme qui les rendait impropres à supporter de fortes pressions, et que les tirants servant d'armatures n'étaient pas disposés de manière à suppléer au défaut de résistance des parois.

Il importe de ne point autoriser à l'avenir, pour des services de passagers, des bateaux dont les chaudières auraient des tubes intérieurs d'une construction analogue et seraient destinées à fonctionner sous une pression effective de plus d'une demi-atmosphère. Je vous invite à appeler, sur cet objet, l'attention des commissions de surveillance qui se trouveraient instituées dans votre département.

L'explosion survenue à la Villette est pareillement arrivée au moment de la mise en train de la machine.

Les causes qui peuvent ainsi faire coïncider les explosions avec l'instant de la mise en train ont été indiquées dans les circulaires des 15 septembre et 4 octobre 1847, lesquelles ont en même temps rappelé les conditions prescrites par l'ordonnance royale du 22 mai 1843 pour prévenir les dangers de ces suréchauffements des parois des réservoirs de vapeur. On ne saurait tenir trop strictement la main à l'exécution de ces mesures.

La chaudière qui a éclaté dans l'établissement de la Villette présentait d'ailleurs des détériorations provenant de vétusté et d'une mauvaise qualité de la tôle, qui ont nécessairement contribué à déterminer l'explosion. On avait installé cet appareil à l'insu de l'autorité, sans lui faire subir d'épreuve. Le déplorable accident qui en est résulté, et dans lequel sept personnes ont péri et douze ont été blessées, est un nouvel exemple des funestes conséquences que peuvent entraîner les contraventions.

Cet accident a donné lieu aussi, comme vous le verrez par les rapports ci-joints, à des observations sur l'importance des mesures qui sont relatives, dans l'emplacement des chaudières, à la fixation de leur axe. Je me réfère

également, sur ce point, aux recommandations contenues dans la circulaire précitée du 4 octobre 1847.

Recevez, monsieur le Préfet, l'assurance de ma parfaite considération.

Le membre du Gouvernement provisoire,
ministre des travaux publics,

Signé MARIE.

M. l'ingénieur

Paris, le 14 mars 1848.

Citoyen, en prenant possession du département des travaux publics, je dois entrer en communication avec vous et vous faire connaître les principes d'administration que la République veut invariablement maintenir, et dont vous devrez bien vous pénétrer. Instructions générales.

Pris en eux-mêmes, les travaux publics ne sont légitimes qu'à deux conditions : *utilité* publique dans l'établissement, et, dans l'*exécution*, une activité tout à la fois intelligente, économe et probe.

L'*utilité* a été jusqu'ici trop méconnue; elle ne doit plus l'être. En cette matière, comme en matière de finances, le passé pèse et pèsera peut-être longtemps encore sur la République. Le gouvernement déchu nous a légué des travaux qui attestent avec quelle prodigalité, compromettante pour le trésor, ce gouvernement sacrifiait à ses intérêts politiques les intérêts sérieux de l'État.

J'ai les yeux ouverts sur ces abus, et j'ai la ferme volonté de les réprimer, en mettant, autant que cela sera possible, un terme à des dépenses inutiles et improductives. Toutefois, comme je desire ne m'avancer dans cette voie qu'avec prudence, qu'avec certitude même, je demande à votre loyale expérience tous les renseignements qui pourront m'éclairer. Soyez ferme, impartial, courageux, s'il le faut, dans l'accomplissement de ce devoir; car la République n'admettra, dans les investigations qu'elle réclame, ni légèreté, ni faiblesse, ni injustice.

L'utilité des travaux étant reconnue, je touche à la partie importante de vos fonctions, l'exécution.

Une administration n'est grande et forte qu'à la condition de rencontrer dans ses agents intelligence, activité, probité. A ce titre, la France peut être fière, je le sais, du concours qu'elle a reçu jusqu'ici du corps des ponts-et-chaussées. J'ai donc le droit de vous demander beaucoup, et de compter sur la force que vous avez en vous et que vous pouvez me donner. J'y compte. Ce que je vous demande, en conséquence, à vous et à vos collaborateurs, c'est une surveillance de tous les instants sur les travaux, sur les entrepreneurs et sur les agents qui sont chargés de contrôler leurs opérations. La surveillance est tout à la fois une garantie d'ordre et de moralité.

Mais ce n'est pas tout : à ces qualités vous devrez joindre encore une économie sage et éclairée, qui sache concilier, avec habileté, les intérêts de l'art, que la République ne saurait méconnaître, et les besoins de l'industrie, qu'elle veut avant tout satisfaire.

Soyez toujours attentif à tout ce qui se passe dans les ateliers de travail. La République demande à tous ses citoyens le concours de toutes leurs forces actives; en échange, elle veut leur donner à tous le juste prix de leurs forces dépensées. Partout la récompense doit être proportionnée aux services rendus. A cet égard, il importe que votre vigilance auprès des entrepreneurs ou des chefs d'atelier ne soit jamais en défaut.

La commission de l'organisation du travail s'occupe avec dévouement de la solution d'un grand problème; l'Assemblée nationale prononcera. Jusque-là, le peuple de Paris l'a compris, les conditions du travail doivent être librement débattues entre le patron et l'ouvrier; mais est-ce à dire que, en cela, le Gouvernement n'ait rien à faire? Non; son devoir est de veiller aussi à ce que ces débats se résolvent toujours dans les limites d'une exacte justice. Si donc des discussions s'élèvent, avertissez-moi sur-le champ; au besoin, intervenez comme conciliateur. Le Gouvernement a suivi cette marche à Paris, et il n'a eu qu'à se louer des résultats obtenus. Votre conduite, au reste, est soumise à cette loi bien simple : aidez partout au triomphe de ces grands principes d'égalité et de fraternité que la République a fait sortir

du domaine de la théorie pour les faire entrer irrévocablement dans le domaine des faits.

Je vous demande particulièrement toute votre sollicitude, toutes les fois que les contestations entre les patrons et les ouvriers causeraient une interruption de travaux qui serait de nature à compromettre les intérêts généraux de l'industrie; car alors, et dans ces intérêts mêmes, qui sont les intérêts de la patrie, le Gouvernement aurait des mesures énergiques à prendre, et il ne manquerait pas à ce devoir.

Dans les circonstances glorieuses, mais difficiles, où nous nous trouvons placés, l'industrie, accidentellement languissante, peut laisser dans vos localités des bras inoccupés; Paris vous donne l'exemple de ce que vous avez à faire. Chacun, vous le comprenez, doit prendre sa part des sacrifices; entendez-vous avec les maires des communes, avec les principaux propriétaires. En attendant que l'agriculture sollicite le secours des bras dont elle aura bientôt besoin; en attendant que les industries particulières puissent se rasseoir, ouvrez aux hommes sans ouvrage des ateliers nationaux. Toutes les fois que vous m'indiquerez, dans le cercle de mon département, des travaux utiles au pays, je m'empresserai d'apporter mon concours. Si les entreprises auxquelles s'appliquent les allocations de l'année 1848 ne se trouvaient pas à la portée des existences les plus menacées, vous devrez me proposer tous les virements de crédit qui vous paraîtront nécessaires pour atteindre le but que je vous signale, et j'y donnerai mon approbation. Toutefois, pénétrez-vous bien de cette idée : l'Etat ne peut qu'aider ceux qui s'aident; toutes les communes, tous les citoyens doivent donc concourir, avec un dévouement égal, à l'accomplissement de cette grande œuvre.

Les travaux dont le service vous a été confié, distribués avec intelligence et avec une sage appréciation des besoins du pays, peuvent contribuer puissamment à la création, au développement, à la conservation de la fortune publique; au bien-être, à la moralité des populations; au progrès même de la civilisation; vos fonctions sont donc, dans l'Etat, des fonctions éminentes; c'est vous dire que toute négligence dans leur accomplissement serait coupable.

J'appelle particulièrement encore votre examen sur le personnel des agents secondaires qui dépendent de votre circonscription. Je vous l'ai déjà dit, ce qu'il faut à l'Etat, ce sont des agents capables, zélés, probes, et qui sachent donner satisfaction à tous les services publics, tout en obéissant cependant aux lois d'une sage économie. N'oubliez pas surtout, citoyen, que la probité est la première condition de l'admission et du maintien des employés dans les fonctions administratives.

Vous parler d'économie, c'est vous dire que partout la République veut réaliser des réformes. La machine administrative, en France, est embarrassée plutôt que servie par la multiplicité de ses rouages. Ce mécanisme doit être promptement simplifié. Si donc votre personnel est trop nombreux, vous me proposerez d'en réduire les cadres, et vous me présenterez, à cet égard, des projets que je puisse adopter.

Si des agents ne se recommandent pas par une capacité éprouvée, par une réputation irréprochable, vous aurez à m'en proposer immédiatement la révocation.

Songez bien que vous resteriez responsable des erreurs ou des fautes dans lesquelles vous entraîneriez l'administration par des ménagements et une tolérance que la conscience publique ne peut approuver.

Je viens de préciser, citoyen, les devoirs généraux que l'intérêt de la République vous impose; votre pratique des affaires vous dira le reste.

La République ne doit et ne donnera ses récompenses qu'à ceux qui, dans la sphère de leurs fonctions, la serviront loyalement et avec un dévouement sans limites. Devoirs pour tous, justice à tous, voilà quelles sont ses volontés et ses promesses. Ces volontés, elle saura les consacrer par l'obéissance; ces promesses, elle les tiendra.

Le membre du Gouvernement provisoire,
ministre des travaux publics,

Signé MARIE.

M. l'ingénieur en chef d

Paris, le 16 mars 1848.

Citoyen, j'appelle votre attention sur un fait important, et qui, dans les circonstances actuelles surtout, a beaucoup de gravité.

Emploi des ouvriers français, de préférence aux ouvriers étrangers.

Dans plusieurs localités, des collisions ont éclaté entre les ouvriers français et les ouvriers étrangers, notamment les ouvriers belges. La question posée est celle-ci : les ouvriers français seront-ils exclusivement employés dans les ateliers ?

Dans des temps meilleurs, et si les industries particulières ne se fermaient pas devant les travailleurs, cette question ne devrait pas même être soulevée ; la République n'entend pas, en effet, renfermer dans ses frontières le dogme de la fraternité qu'elle a proclamée ; mais, dans les temps actuels et quand nos ouvriers manquent eux-mêmes de travail, il en est autrement : avant tout, la République se doit à ses enfants.

Déjà nous nous sommes trouvés dans la nécessité de demander à chaque commune de conserver ses ouvriers ; à plus forte raison devons-nous imposer aux États voisins l'obligation de reprendre les leurs.

Je viens donc vous demander de veiller à ce que, dans tous les travaux confiés à votre direction, les ouvriers français soient employés de préférence aux ouvriers étrangers. Vous insisterez fortement auprès des entrepreneurs, et vous les rendrez responsables de la résistance qu'ils pourraient faire à ces conseils de raison politique.

Je n'ai pas besoin de vous dire, citoyen, que, si votre action doit être ferme et résolue, elle doit être en même temps prudente, modérée, bienveillante même. Toutes les fois qu'une conciliation sera possible, vous y aurez recours, et nous l'accueillerons avec bonheur : la France n'a jamais été, ne sera jamais une terre inhospitalière ; elle ne cède ici qu'à la plus impérieuse des lois, la nécessité.

Le ministre des travaux publics,

Signé MARIE.

M. le Préfet d

Paris, le 8 juin 1848.

Appareils à vapeur. — États statistiques de 1847.

Monsieur le Préfet, j'ai l'honneur de vous transmettre en double exemplaire, les tableaux n° 1 et n° 2 destinés à réunir les documents statistiques, pour l'année 1847, relatifs aux machines et chaudières à vapeur employées dans les établissements industriels.

Il conviendra aussi d'y indiquer les divers appareils dont il est fait mention dans les circulaires des 30 janvier et 11 février 1845, et les machines locomotives, s'il en existe dans votre département.

MM. les ingénieurs chargés de cette partie du service ont dû recueillir toutes ces indications dans le cours de leurs visites. Je vous prie de les inviter à remplir sans retard ces tableaux, et de me faire le renvoi, le plus tôt possible, de l'un des exemplaires ci-joints. L'autre devra être conservé comme minute.

Recevez, monsieur le Préfet, l'assurance de ma parfaite considération.

Le Ministre des travaux publics.

Pour le ministre et par autorisation,
Le chef de la division des mines,

Signé SALOMON.

M. le Préfet d

Paris, le 12 juin 1848.

Appareils à vapeur. — Envoi de documents relatifs à divers accidents.

Monsieur le Préfet, l'administration a pensé qu'elle ferait une chose utile pour prévenir les accidents dans l'emploi des appareils à vapeur en donnant de la publicité aux rapports qui lui sont transmis lorsqu'il arrive des explosions, et en signalant ainsi les causes qui amènent ces malheureux événements, et les précautions qui peuvent en garantir.

Déjà par diverses circulaires dans les années 1842 et

suivantes, et dont la dernière vous a été adressée le 11 mars, il a été fait envoi d'un certain nombre de ces rapports.

Quelques autres accidents également survenus ne s'étaient pas trouvés compris dans ces publications. Je vous transmets des exemplaires d'un imprimé où sont réunies les notices qui les concernent.

L'une de ces explosions a eu lieu dans une usine sise à Saint-Renobert, département du Doubs.

Le chauffeur auquel elle a coûté la vie avait laissé le niveau de l'eau s'abaisser dans la chaudière, dont les parois ont été portées au rouge par la chaleur. Il a ensuite ouvert le robinet de la pompe d'alimentation. Cette injection d'eau froide sur le métal échauffé a déterminé la production instantanée d'un grande quantité de vapeur, qui a occasionné la rupture de l'appareil.

C'est là un nouvel exemple du danger de l'abaissement du niveau de l'eau au-dessous des parois qui sont entièrement en contact avec la flamme.

Peut-être aussi le propriétaire de l'usine a-t-il lui-même contribué à hâter l'explosion en fermant le robinet du tuyau de prise de vapeur, lorsqu'il s'est aperçu de l'imminence du danger.

Dans des cas pareils, quand une chaudière vient à manquer d'eau, on doit avoir bien soin, avant de rétablir l'alimentation, de faire refroidir suffisamment cette chaudière; il faut fermer le registre de la cheminée, ouvrir les portes du foyer, et se garder d'exercer aucune manœuvre, telle que la fermeture de robinets ou l'ouverture des soupapes, qui modifie brusquement les mouvements intérieurs de l'eau et de la vapeur.

Le flotteur d'alarme de la chaudière de l'établissement de Saint-Renobert était en outre très-imparfait. Il se composait d'une lentille creuse remplie d'eau, de manière à avoir une pesanteur spécifique convenable. On y a remarqué une fente qui existait probablement avant l'explosion et qui a paralysé le jeu de l'instrument. Les flotteurs de ce genre sont sujets à plusieurs inconvénients; il peut s'y produire des fissures par lesquelles l'eau pénètre dans leur intérieur ou en sort à l'état de vapeur; la lentille peut se vider complétement et être écrasée par la pression extérieure. L'emploi de ces appareils à lentille creuse

était assez fréquent autrefois. Ils sont maintenant généralement abandonnés. On doit en interdire l'usage.

D'ailleurs, les flotteurs d'alarme, quelque simple qu'en soit le mécanisme, sont susceptibles de se déranger, et ils n'avertissent que lorsque le niveau de l'eau est déjà trop bas. C'est pourquoi les chauffeurs doivent examiner très-fréquemment les autres indicateurs du niveau de l'eau, dont chaque chaudière doit être munie, et régler d'après cette inspection le jeu de la pompe alimentaire.

Le second des accidents qui fait l'objet d'un autre rapport est arrivé dans une fabrique de sucre de betterave située à Saint-Saulve, département du Nord.

La chaudière qui a éclaté servait à la défécation. L'explosion a été occasionnée par suite de l'inexécution des conditions de sûreté prescrites par l'ordonnance du 22 mai 1843. Cette chaudière recevait la vapeur d'un générateur dans lequel la pression pouvait être d'environ 4 atmosphères; la vapeur circulait entre la paroi extérieure et un double fond intérieur, puis s'écoulait avec l'eau condensée, par un tuyau muni d'un robinet qu'on pouvait fermer à volonté. On l'avait établie sans autorisation, sans lui faire subir d'épreuve, et elle n'était pas pourvue d'une soupape. C'est la fermeture intempestive du robinet adapté au tuyau d'émission de la vapeur qui a déterminé l'explosion. Cet accident où un ouvrier a péri des suites de ses blessures aurait été prévenu, si l'appareil eût été soumis à l'épreuve et muni d'une soupape, si l'on se fût conformé, pour son installation, aux dispositions exigées par l'article 67 de l'ordonnance et rappelées dans la circulaire du 30 janvier 1845. Des poursuites ont dû être dirigées, à raison de ces contraventions, contre le propriétaire de l'établissement, et il a été condamné à l'amende par arrêt de la cour de Douai.

Le troisième accident a eté produit par l'explosion d'un calorifère à circulation d'eau chaude qui était placé dans une maison d'habitation à Paris.

Cet appareil avait également été établi sans permission, et l'on n'avait pas pris les précautions nécessaires pour son emploi. L'eau n'y avait presque point de circulation, en sorte qu'elle pouvait acquérir une très-haute température et que la tension de la vapeur devait être excessivement élevée.

L'explosion n'a heureusement pas causé beaucoup de dégâts, mais elle aurait pu avoir des conséquences très-graves.

Ce calorifère, du genre connu sous le nom de *calorifère anglais* ou de système Perkins, rentrait dans la classe des calorifères à eau dont il est fait mention dans la circulaire du 11 février 1845, et auxquels s'applique l'article 67 précité de l'ordonnance de 1843. Il doit être défendu d'établir de semblables appareils sans une autorisation spéciale, déterminant les conditions de sûreté à remplir.

Je vous prie, monsieur le Préfet, de faire distribuer les exemplaires ci-joints, ainsi que cela a eu lieu pour les précédentes notices, aux principaux propriétaires et constructeurs d'appareils à vapeur dans votre département.

Ces rapports ont en outre été insérés dans les Annales des mines et dans les Annales des ponts-et-chaussées. MM. les ingénieurs chargés de la surveillance des machines et chaudières à vapeur y trouveront d'utiles renseignements pour cette partie importante du service.

Recevez, monsieur le Préfet, l'assurance de ma parfaite considération.

Le ministre des travaux publics.
Pour le ministre et par autorisation,
Le secrétaire général,

Signé BOULAGE.

M. le Préfet d

Paris, le 14 juin 1848.

Appareils fumivores. — Envoi d'un rapport sur une série d'expériences.

Monsieur le Préfet, la recherche des moyens de prévenir la fumée que répandent les foyers dans lesquels on brûle de la houille, préoccupe depuis longtemps l'industrie.

Elle a pris surtout un haut intérêt en ces dernières années, où l'emploi des chaudières à vapeur s'est multiplié au milieu des grands centres de population.

Diverses méthodes plus ou moins efficaces ont été proposées tant en France qu'en Angleterre.

Il était désirable que cette question des appareils fumivores fût complétement étudiée.

L'administration a chargé la commission centrale des machines à vapeur instituée près le ministère des travaux publics, de faire une série d'expériences à ce sujet.

Le rapport contenant le résultat de ces expériences a été publié dans l'une des dernières livraisons des Annales des mines (t. XI, 1847).

Il en a été fait en outre un tirage à part. J'ai l'honneur de vous en adresser plusieurs exemplaires pour être distribués aux membres du conseil de salubrité de votre département.

Comme vous le verrez par les conclusions de ce rapport, il paraît possible d'empêcher, ou du moins de diminuer considérablement le dégagement de la fumée dans la combustion de la houille, en donnant aux fourneaux certaines dispositions simples et peu coûteuses, ou bien en faisant usage soit de grilles mobiles, soit de distributeurs mécaniques.

Des mesures réglementaires pourront être ultérieurement prescrites en cette matière. En attendant, il importe de signaler aux constructeurs de fourneaux et aux propriétaires d'établissements les causes réelles de la formation de la fumée, les procédés à l'aide desquels on peut y remédier, et de provoquer ainsi d'utiles applications dans la pratique et de nouveaux essais.

Je vous prie, monsieur le Préfet, de m'accuser réception des exemplaires ci-joints.

Recevez, monsieur le Préfet, l'assurance de ma parfaite considération.

Le ministre des travaux publics.

Pour le ministre et par autorisation,
Le secrétaire général,

Signé BOULAGE.

Programme pour l'admission à l'École des mineurs de Saint-Étienne (Loire) (1).

École des mineurs de Saint-Étienne.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

École des mineurs de Saint-Étienne, département de la Loire.

Cette École est destinée à former des directeurs d'exploitation et d'usines minéralurgiques, et des conducteurs gardes-mines.

L'enseignement est gratuit ; il a pour objet :

L'exploitation des mines, la connaissance des principales substances minérales et de leur gisement, ainsi que l'art de les essayer et de les traiter ; les éléments de mathématiques; les notions les plus essentielles sur la résistance, la nature et l'emploi des matériaux en usage dans les constructions relatives aux mines, usines et voies de transport; la tenue des livres en partie double; la levée des plans et le dessin.

Des brevets de capacité de différents degrés sont délivrés, à leur sortie de l'Ecole, aux élèves qui s'en sont rendus dignes par leur capacité et leur bonne conduite.

Mode et conditions d'admission.

Les connaissances exigées pour l'admission à l'École des mineurs de Saint-Etienne, sont :

La langue française,

L'arithmétique,

Le système légal des poids et mesures,

La géométrie élémentaire,

L'algèbre jusques et y compris les équations du deuxième degré,

Les éléments du dessin linéaire.

Les candidats possédant des connaissances plus étendues que celles mentionnées au programme pourront demander qu'elles soient constatées par l'examinateur.

---

(1) Ce programme a été publié dans le *Moniteur* du 23 mai 1848. Le programme relatif à l'admission des élèves externes à l'École nationale des mines, est inséré dans le tome XII, 4e série, des Annales, p. 727, et le programme relatif à l'École des maîtres-ouvriers mineurs d'Alais, p. 797 du présent volume.

Les candidats ne peuvent être admis avant l'âge de seize ans, ni après vingt cinq ans révolus.

Ils devront justifier, par un certificat des autorités du lieu de leur domicile, qu'ils sont de bonnes vie et mœurs.

Ils devront prouver aussi qu'ils ont été vaccinés ou qu'ils ont eu la petite vérole.

Pour être admis à concourir aux places annuellement vacantes à l'Ecole des mineurs, les candidats subiront un examen préalable devant un ingénieur des mines désigné à cet effet.

Seront réputés admissibles et dispensés en conséquence de l'épreuve préalable les candidats qui auront subi l'examen d'admission à l'Ecole polytechnique.

Le concours définitif aura lieu à Saint-Etienne devant le conseil de l'Ecole constitué en Jury d'examen. Les candidats déclarés admissibles seront informés directement de l'époque à laquelle s'ouvrira le concours. L'admission des élèves sera prononcée par le ministère des travaux publics, sur la liste par ordre de mérite dressée par le jury d'examen.

Les élèves sont tenus de se procurer les livres et autres objets nécessaires à leur instruction.

Les examens préalables seront ouverts du 1er août au 1er septembre de cette année.

Un avis officiel inséré dans les journaux des départements indiquera les jours, au nombre de dix au moins, choisis par MM. les ingénieurs, dans la période mentionnée plus haut, pour examiner les candidats.

Si, par une circonstance imprévue, l'un des examinateurs désignés se trouvait empêché de procéder aux examens préalables, il serait suppléé par l'ingénieur des ponts-et-chaussées de la localité.

Programme pour l'admission à l'École des maîtres-ouvriers-mineurs d'Alais (Gard) (1).

École des maîtres-ouvriers-mineurs d'Alais.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

École des maîtres-ouvriers-mineurs d'Alais, département du Gard.

L'Ecole des maîtres-ouvriers-mineurs d'Alais est destinée à former des contre-maîtres qui possèdent à la fois assez de pratique pour surveiller et guider le travail des ouvriers, assez de connaissances théoriques pour bien comprendre et exécuter les ordres d'un directeur d'exploitation.

Cette Ecole est appelée à rendre d'utiles services à l'industrie minérale ; fondée depuis trois ans seulement, elle est encore peu connue. On croit devoir appeler sur cet établissement l'attention des chefs d'exploitation, et leur faire connaître que des bourses ont été fondées à l'Ecole d'Alais en faveur des jeunes ouvriers mineurs, par divers départements ainsi que par l'administration des travaux publics. Elle les invite à se concerter avec les ingénieurs des mines pour rechercher, parmi les ouvriers mineurs, des candidats satisfaisant aux conditions d'admission établies par le règlement de l'Ecole, et pouvant avoir des titres à l'obtention de ces bourses.

L'extrait ci-après du règlement de l'Ecole fait connaître les conditions à remplir par les candidats, et l'instruction que reçoivent les élèves.

Conditions d'admission.

Tout candidat à l'Ecole des maîtres-ouvriers-mineurs d'Alais devra justifier qu'il a eu seize ans accomplis avant le 1er janvier de l'année dans le cours de laquelle il se présentera. Il produira un certificat de bonnes vie et mœurs, et un certificat, dûment légalisé, d'un médecin ou officier de santé, constatant qu'il a été vacciné ou qu'il

(1) Ce programme a été publié dans le *Moniteur* du 17 juin 1848. Le programme relatif à l'admission des élèves externes à l'École nationale des mines, est inséré dans le tome XII, 4e série des Annales, p. 727, et le programme relatif à l'École des mineurs de Saint-Etienne, page 795 du présent volume.

a eu la petite vérole, qu'il est d'une bonne constitution et exempt de toute infirmité permanente le rendant impropre au travail des mines.

Le candidat devra justifier, soit par un livret, soit par un certificat légalisé d'un directeur d'exploitation, qu'il a travaillé dans une mine, comme ouvrier mineur, pendant une année entière s'il est âgé de moins de 18 ans, pendant dix-huit mois s'il est âgé de 18 à 20 ans, et pendant 2 ans s'il a satisfait à la loi sur le recrutement.

Les connaissances exigées pour l'admission sont : la lecture, une écriture lisible et courante, une orthographe à peu près correcte, la pratique de la numération écrite et parlée et des quatre premières règles de l'arithmétique, les notions élémentaires du système métrique des poids et mesures.

Les candidats subiront un examen préalable devant un examinateur qui sera désigné par le sous-préfet de l'arrondissement dans lequel le candidat aura sa résidence, et choisi, autant que possible, parmi les instituteurs, inspecteurs ou sous-inspecteurs des écoles primaires de l'arrondissement.

Cet examen aura lieu dans le courant du mois d'août; il comprendra : un exercice de lecture à haute voix dans un ouvrage imprimé et un manuscrit, une dictée de quelques phrases, des exercices simples de calcul, et quelques questions élémentaires sur les poids et mesures.

Une commission composée du maire d'Alais ou d'un membre du conseil municipal désigné par le maire, de l'ingénieur des mines directeur de l'école, et d'un directeur d'exploitation de mines, désigné par le préfet, examinera les dossiers des divers candidats, et dressera une liste de ceux qui seront reconnus satisfaire aux conditions d'admissibilité.

Le préfet du département du Gard déterminera, sur le vu de cette liste, les candidats *admissibles*, et les préviendra directement de l'époque à laquelle ils devront être rendus à Alais pour subir l'examen définitif.

L'examen définitif aura lieu devant la commission, composée comme il est dit ci-dessus, tant sur les connaissances mentionnées en l'article 4 que sur les notions exigées des candidats. La commission dressera, d'après le résultat de cet examen, la liste par ordre de mérite des divers candidats, avec des annotations sur chacun

d'eux, et transmettra cette liste au préfet du département du Gard, qui statuera sur l'admission ou sur le rejet.

Les élèves seront tenus de se procurer les livres nécessaires à leur instruction.

Les bourses ou fractions de bourses qui pourront être instituées à l'Ecole d'Alais seront accordées de préférence aux mineurs ou fils de mineurs. L'obtention d'une de ces bourses ne dispensera d'aucune des formalités prescrites par les articles précédents.

De l'enseignement.

Les leçons de l'Ecole s'ouvriront chaque année dans les cinq premiers jours de novembre. Les élèves devront être rendus à Alais pour cette époque.

La durée des leçons et exercices sera de deux années, comprenant, pour chaque année, quatre périodes, savoir :

1re *période.* Novembre, décembre, janvier, février et première moitié de mars ; enseignement théorique dans l'intérieur de l'Ecole.

2e *période.* Seconde moitié de mars, avril et mai ; lever de plans, visites et travaux de mines, exercices graphiques.

3e *période.* Juin et juillet ; suite de l'enseignement théorique.

4e *période.* Août, septembre et octobre ; suite des exercices pratiques ; examens généraux.

Les exercices pratiques consisteront en levers de plans, tant à la surface que dans les mines, et en travaux manuels dans les exploitations de houille et les exploitations de mines métalliques situées dans un certain rayon autour d'Alais. Pendant ces travaux, les élèves seront entièrement assimilés aux autres ouvriers de la mine, et soumis aux mêmes règlements que ceux-ci ; ils devront obéir, comme eux, aux maîtres mineurs ou chefs de poste ; ils recevront un salaire proportionné à leur travail.

Des dispositions seront prises pour que chaque élève passe successivement par différents genres de travaux et ne quitte un premier travail que lorsqu'il y aura acquis au moins l'habileté d'un ouvrier ordinaire.

Il sera délivré, par le préfet, sur le rapport du conseil

d'administration, des brevets de *maîtres-mineurs* à ceux des élèves de deuxième année qui en seront jugés dignes; les noms de ces élèves seront portés à la connaissance du public.

Une récompense pourra être accordée à titre d'encouragement, sur les fonds de l'Ecole, aux élèves qui se seront particulièrement distingués.

Les élèves qui, par suite de maladies, n'auront pu passer les examens de fin d'année, seront admis, sur la proposition du conseil de l'Ecole, à redoubler; mais, dans aucun cas, un élève ne pourra rester plus de trois ans à l'école.

De l'organisation de l'Ecole.

Le régime habituel de l'Ecole est l'*internat*: les élèves seront logés et nourris dans l'établissement pendant la durée des leçons de l'Ecole, des exercices de lever de plans et des examens généraux. Le conseil d'administration décidera les cas pour lesquels il sera fait exception à cette règle par l'établissement du demi-pensionnat ou de l'instruction libre.

Le prix de la pension entière, calculé sur le pied de 48 francs par mois, est fixé à 360 francs pour un séjour d'environ sept mois et demi à l'Ecole: Cette somme devra être acquittée en trois paiements égaux, le 1er novembre, le 1er février et le 1er juin.

PERSONNEL.

Par décision du ministre de la guerre, du 17 *avril* 1847 (1), — le service des mines en Algérie est divisé en trois arrondissements, comprenant, l'un la province d'Alger, le second la province de Bône, le troisième la province d'Oran, et qui sont confiés chacun à un ingénieur ordinaire sous les ordres d'un ingénieur en chef à la résidence d'Alger; — l'arrondissement d'Oran demeure provisoirement réuni à celui d'Alger.

Par décision du ministre de la guerre, du 22 *juin* 1847 (2), — le personnel du service des mines en Algérie est réparti ainsi qu'il suit, dans les trois arrondissements créés par la décision du 17 avril précédent, savoir :

GARELLA, ing. en chef, 2e cl., à Alger.	ARRONDISSEMENT D'ALGER.	
	Ville, ing. ord., 2e cl., à Alger.	Badynski, garde-mines, 1re cl., à Alger. Freynet, garde-mines, 2e cl., à Alger. Latil, garde-mines, 3e cl., à Blidah.
	ARRONDISSEMENT DE BÔNE.	
	Dubocq, asp. ingénieur, à Bône.	Cluny, garde-mines, 3e cl., à Bône.
	ARRONDISSEMENT D'ORAN.	
	Service fait par l'ingénieur de l'arrondiss. d'Alger.	Mœvus, garde-mines, 2e cl., à Oran.

(1) (2) Ces décisions ont été omises dans le tome XI, 4e série, des *Annales*, qui contient les décisions relatives au *Personnel*, rendues pendant le premier semestre de 1847.

Ordonnance du 28 septembre 1847 (1), sur l'organisation municipale en Algérie.

(Extrait.)

Art. 8. Ne peuvent être maires ni adjoints :

. . . .

5° Les ingénieurs des ponts-et-chaussées et des mines en activité de service.

PREMIER SEMESTRE DE 1848.

Par ordonnance du 26 janvier 1848, — M. Moisson-Desroches, ingénieur en chef des mines de 1re classe, est admis à faire valoir ses droits à la retraite.

Ordonnance du 5 février 1848.

Art. 1er. Les huit inspecteurs généraux siégeant au conseil général des mines, sont divisés en deux classes, savoir :

Trois inspecteurs généraux de 1re classe,

Cinq inspecteurs généraux de 2e classe.

Art. 2. Le traitement des inspecteurs généraux de 2e classe est porté à dix mille francs, et le maximum de leur pension de retraite est fixé à cinq mille francs.

Art. 3. Le grade d'ingénieur en chef directeur peut être conféré à des ingénieurs en chef ayant au moins quinze ans de services révolus à dater de leur nomination au grade d'aspirant ou d'ingénieur ordinaire de 3e classe. Le nombre des directeurs est limité à cinq.

Ils seront nommés par ordonnance royale.

Art. 4. Le grade d'aspirant-ingénieur est supprimé.

---

(1) On a omis de mentionner cette ordonnance dans le tome XII, 4e série, des *Annales*, qui contient les ordonnances, arrêtés et décisions relatifs au *personnel*, rendus pendant le 2e semestre de 1847.

Les élèves de l'École des mines déclarés hors de concours par le conseil de l'École recevront, dans l'année, le grade d'ingénieur ordinaire de 3e classe, en vertu d'une ordonnance rendue sur le rapport du ministre des travaux publics.

Par ordonnance du 18 février 1848, — M. de Hennezel, ingénieur ordinaire des mines de 1re classe, est nommé ingénieur en chef de 2e classe.

Par arrêté du ministre des travaux publics, du 3 *janvier* 1848, — Les attributions conférées aux ingénieurs des ponts-et-chaussées et aux ingénieurs des mines par l'ordonnance du 15 novembre 1846, portant règlement d'administration publique sur la police de l'exploitation des chemins de fer, sont centralisées, pour le chemin de fer de Montereau à Troyes, entre les mains de M. Reverchon, ingénieur en chef des mines à Troyes.

M. Reverchon sera assisté pour ce service spécial par un ingénieur ordinaire des ponts-et-chaussées et par l'ingénieur ordinaire des mines du département de Seine-et-Marne.

Par arrêté du ministre, du 4 *janvier* 1848, — M. Couche, ingénieur des mines, chargé du département de Seine-et-Oise, est appelé à remplacer M. Gentil dans le service du département de Seine-et-Marne, et à exercer, sous les ordres de M. Reverchon, ingénieur en chef, la surveillance attribuée aux ingénieurs des mines pour le chemin de fer de Montereau à Troyes. Sa résidence est fixée à Paris. — Le service du département de Seine-et-Oise, que quitte M. Couche, est confié, ainsi que le service du département du Loiret, à M. Gentil, qui continuera de résider provisoirement à Paris ; — M. de Chancourtois, titulaire du poste d'ingénieur ordinaire à Orléans, chargé par intérim du sous-arrondissement minéralogique de Nantes, est maintenu à titre définitif, dans le service de ce sous-arrondissement.

Par décision du ministre, du 11 *janvier* 1848, — M. Ri-

vot, aspirant-ingénieur, est nommé directeur du laboratoire de l'École des mines et du bureau public des essais.

Par arrêté du ministre, du 20 *janvier* 1848, — M. Bochet, élève-ingénieur des mines hors de concours, est nommé aspirant-ingénieur.

Par décision du ministre, du 5 *février* 1848, — le service d'ingénieur ordinaire confié à M. Labrosse-Luuyt, élève-ingénieur, est restreint au département de l'Ain, et, dans le département de Saône-et-Loire, au bassin d'Autun et à la mine du Creuzot; — M. Drouot, ingénieur en chef, est chargé des fonctions d'ingénieur ordinaire pour les arrondissements communaux de Mâcon, Châlon-sur-Saône et Louhans, ainsi que pour les mines de houille du bassin de Blanzy, à l'exception de celle du Creuzot.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

Liberté, Égalité, Fraternité.

DÉCISIONS DU GOUVERNEMENT.

Par arrêté du Gouvernement provisoire, du 24 *février* 1848 (1), *portant nomination des ministres*, — M. Marie est nommé ministre provisoire aux travaux publics.

Décret du Gouvernement provisoire, du 25 *février* 1848.

Le Gouvernement provisoire décrète :

Les fonctionnaires de l'ordre civil, militaire, judiciaire et administratif sont déliés de leur serment.

---

(1) Le Gouvernement provisoire est composé de MM. Ad. Crémieux, de Lamartine, Marie, Garnier-Pagès, Dupont (de l'Eure), Ledru-Rollin et Arago. — Louis Blanc, Armand Marrast, Flocon et Albert, secrétaires.

Par arrêté du ministre des travaux publics, du 28 février 1848, agissant par délégation du Gouvernement provisoire, —M. Boulage, chef de la division des routes et ponts et de la police du roulage, est nommé secrétaire général du ministère des travaux publics, et chargé, en cette qualité, de la direction de la première division comprenant le secrétariat général et le personnel.

Décret du Gouvernement provisoire, du 1er mars 1848.

Le Gouvernement provisoire de la République,

Considérant que depuis un demi-siècle, chaque nouveau gouvernement qui s'est élevé a exigé et reçu des serments qui ont été successivement remplacés par d'autres à chaque changement politique;

Considérant que tout républicain a pour premier devoir le dévouement sans réserve à la patrie, et que tout citoyen qui, sous le gouvernement de la République, accepte des fonctions ou continue à les exercer, contracte plus spécialement encore l'engagement sacré de la servir et de se dévouer pour elle,

Décrète:

Les fonctionnaires publics de l'ordre administratif et judiciaire ne prêteront pas de serment.

Décret du Gouvernement provisoire, du 2 mars 1848.

Le Gouvernement provisoire,

Considérant la nécessité de pourvoir à la prompte et régulière expédition des affaires dans toutes les branches du service public;

Considérant qu'aux termes des règlements actuellement existants, un grand nombre d'affaires ne pouvaient être décidées que par des ordonnances royales;

Considérant que l'urgence des circonstances ne permet pas au Gouvernement provisoire d'intervenir dans les

détails journaliers de l'administration courante pour chaque département ministériel;

Décrète :

Les affaires d'administration courante qui, dans l'état actuel de la législation, ne pouvaient être réglées qu'au moyen d'ordonnances royales, seront valablement décidées par le ministre provisoire du département auquel ces affaires ressortissent.

Les affaires pour lesquelles l'avis du conseil d'État était exigé continueront à lui être soumises.

Chacun des ministres, en ce qui le concerne, est chargé de l'exécution du présent décret.

Arrêté du Gouvernement provisoire. (Moniteur universel *du* 9 *mars* 1848.)

Le Gouvernement provisoire arrête :

Une école d'administration, destinée au recrutement des diverses branches d'administration dépourvues jusqu'à présent d'écoles préparatoires, sera établie sur des bases analogues à celles de l'école polytechnique.

Le ministre provisoire de l'instruction publique est chargé de procéder à l'établissement de cette école.

Décret du Gouvernement provisoire, du 13 *mars* 1848.

Le Gouvernement provisoire;

Vu les lois des 25 mars 1817 et 15 mai 1818, qui interdisent de cumuler une pension avec un traitement d'activité, en tant que l'un et l'autre dépassent la somme de 700 francs, et sont payés tous deux sur les fonds de l'État;

Considérant qu'il y a lieu, dans l'intérêt des caisses de retraite, d'appliquer cette mesure à un cumul quelconque;

Décrète :

Nul ne pourra désormais jouir simultanément d'un traitement d'activité et d'une pension de retraite, servis

l'un et l'autre soit par le fonds de l'État ou des communes, soit par les fonds de retenue.

Le cumul continuera à avoir lieu, dans tous les cas, jusqu'à concurrence de 700 francs.

Par arrêté du ministre des travaux publics, du 20 *mars* 1848, *agissant par délégation du Gouvernement provisoire*, — MM. Rivot, Phillips et Houpeurt, aspirants-ingénieurs au corps des mines, sont nommés ingénieurs ordinaires de 2e classe.

Arrêté du ministre, du 20 *mars* 1848, *agissant par délégation du Gouvernement provisoire.*

Le membre du Gouvernement provisoire, ministre des travaux publics,

En vertu du décret du 2 mars 1848 (1), dont la teneur suit : « Les affaires d'administration courante qui, dans » l'état actuel de la législation, ne pouvaient être réglées » qu'au moyen d'ordonnances royales, seront valablement » décidées par le ministre provisoire du département au- » quel ces affaires ressortissent ; »

Arrête ce qui suit :

Les inspecteurs généraux des ponts-et-chaussées, et les inspecteurs généraux de 1re classe des mines, à l'âge de soixante-dix ans accomplis, les inspecteurs divisionnaires des ponts-et-chaussées et les inspecteurs généraux de 2e classe des mines, à l'âge de soixante-cinq ans accomplis, cessent d'appartenir au cadre d'activité.

Pourront toutefois être maintenus dans ce cadre, quel que soit leur âge, les inspecteurs généraux vice-présidents des conseils généraux des ponts-et-chaussées et des mines.

Par arrêté du ministre des travaux publics, du 22 *mars* 1848, *agissant par délégation du Gouvernement provi-*

---

(1) Voir ce décret ci-dessus, page 805.

soire, — MM. Héricart de Thury, Berthier et Garnier, inspecteurs généraux de 2e classe, Gueymard et Burdin, ingénieurs en chef directeurs, et Lefebvre, ingénieur en chef de 1re classe au corps des mines, sont admis à faire valoir leurs droits à la retraite.

Par arrêté du ministre des travaux publics, du 22 *mars* 1848, *agissant par délégation du Gouvernement provisoire*, — MM. Élie de Beaumont, Thirria et Combes, ingénieurs en chef de 1re classe, sont nommés inspecteurs généraux de 2e classe au corps des mines.

Par arrêté du ministre des travaux publics, du 22 *mars* 1848, *agissant par délégation du Gouvernement provisoire*, — MM. de Sénarmont et Boulanger, ingénieurs ordinaires de 1re classe au corps des mines, sont nommés ingénieurs en chef de 2e classe.

Arrêté du ministre, du 24 *mars* 1848, *agissant par délégation du Gouvernement provisoire.*

Le membre du Gouvernement provisoire, ministre des travaux publics,

En vertu du décret du Gouvernement provisoire de la République, en date du 2 mars 1848, ainsi conçu : « Les » affaires d'administration courante qui, dans l'état actuel » de la législation, ne pouvaient être réglées qu'au moyen » d'ordonnances royales, seront valablement décidées » par le ministre provisoire du département auquel ces » affaires ressortissent ; »

Arrête :

La disposition de l'ordonnance du 5 février dernier (1), qui porte de 9.000 à 10.000 francs le traitement des inspecteurs généraux des mines de 2e classe, est annulée.

Le taux de la pension de retraite des inspecteurs généraux de 2e classe reste fixé conformément aux dispositions de l'ordonnance du 5 août 1840 (2).

---

(1) Voir cette ordonnance, ci-dessus, p. 802.
(2) Voir cette ordonnance, 3e série des *Annales des mines*, t. XIX, p. 797.

Arrêté du Gouvernement provisoire, du 30 mars 1848.

Le Gouvernement provisoire,

Considérant que des difficultés graves se sont élevées dans le service des compagnies des chemins de fer d'Orléans et du Centre, et que ces difficultés, si elles s'aggravaient, pourraient avoir pour résultat d'interrompre la circulation;

Considérant que l'intérêt public, notamment les services des postes et l'approvisionnement de Paris, exigent des mesures promptes et énergiques;

Arrête :

Art. 1er. Les citoyens Bineau, ingénieur en chef des mines, et Didion, ingénieur en chef des ponts-et-chaussées, sont nommés commissaires extraordinaires du Gouvernement près les chemins de fer d'Orléans et du Centre;

Art. 2. Ils sont autorisés à prendre toutes les mesures qu'ils jugeront convenables pour assurer l'exploitation et la libre circulation de ces chemins.

Art. 3. Le directeur et tous les employés desdits chemins de fer seront tenus d'obtempérer aux ordres desdits commissaires et à tous les arrêtés qu'ils jugeront à propos de prendre dans l'intérêt de la mission qui leur est confiée.

Par arrêté du ministre des travaux publics, du 31 *mars* 1848, *agissant par délégation du Gouvernement provisoire,*—MM. Gauldrée-Boilleau, Bochet et Trautmann, aspirants-ingénieurs des mines, sont nommés ingénieurs ordinaires de 3e classe.

Décret du Gouvernement provisoire, du 4 avril 1848.

Le Gouvernement provisoire;

Considérant que les nécessités impérieuses qui pèsent sur la République imposent à tous les citoyens le devoir des sacrifices;

Considérant que les serviteurs de l'Etat doivent aux autres citoyens l'exemple du dévouement à la patrie;

Sur la proposition du ministre des finances,

Décrète :

Art. 1. A compter du 1er avril jusqu'au 31 décembre de la présente année, tous traitements, appointements, salaires, pensions et dotations, payés sur les fonds du budget de l'Etat, et toutes remises accordées sur les sommes reçues ou payées pour le compte de l'Etat, seront assujettis à une retenue proportionnelle, conformément au tarif ci-après :

Série des classes.	Classe des traitements.	Centimes de retenue.
1	de 2,001 à 2,500	4
2	de 2,501 à 3,000	5
3	de 3,001 à 4,000	8
4	de 4,001 à 5,000	10
5	de 5,001 à 6,000	12
6	de 6,001 à 7,000	13
7	de 7,001 à 8,000	15
8	de 8,001 à 9,000	16
9	de 9,001 à 10,000	18
10	de 10,001 à 15,000	20
11	de 15,001 à 18,000	23
12	de 18,001 à 20,000	25
13	de 20,001 à 25,000	28
14	de 25,001 et au-dessus	30

Art. 2. La présente disposition n'est point applicable aux armées actives de terre et de mer jusqu'au grade de chef de bataillon et de capitaine de corvette, et grades correspondants exclusivement, ni aux traitements, pensions et dotations au-dessous de 2,000 fr.

Art. 3. Les retenues faites sur les traitements militaires pour les caisses des invalides de terre et de la marine, sont comprises dans celles qui ont été fixées par l'article précédent.

Art. 4. Le ministre des finances est chargé de l'exécution du présent décret.

Décret du Gouvernement provisoire, du 4 avril 1848.

Le Gouvernement provisoire,

Vu le décret du 30 mars 1848, par lequel les citoyens Bineau et Didion ont été nommés commissaires extraordinaires près les chemins de fer d'Orléans et du Centre;

Considérant qu'il est établi que les compagnies de ces deux chemins n'ont plus aujourd'hui un pouvoir suffisant pour assurer le service des transports;

Considérant que, dans cet état de choses, il est du droit et du devoir du Gouvernement de prendre provisoirement l'administration et l'exploitation de ces deux chemins, toute réserve faite d'ailleurs des droits et des intérêts des actionnaires et des tiers;

Sur la proposition du ministre des travaux publics,

Décrète :

Art. 1er. Les chemins de fer de Paris à Orléans et du Centre sont placés sous séquestre.

Ils seront administrés et exploités sous la direction du ministre des travaux publics.

Art. 2. Le citoyen Sauvage, ingénieur des mines, est nommé administrateur des deux chemins; il y exercera ses pouvoirs sous l'inspection des citoyens Didion, inspecteur divisionnaire des ponts-et-chaussées, et Bineau, ingénieur en chef des mines.

Art. 3. A dater de ce jour, tous les produits directs et indirects des deux chemins seront perçus, nonobstant toutes oppositions ou saisies-arrêts, et seront appliqués à tous les besoins de l'entreprise.

Décret du Gouvernement provisoire, du 7 avril 1848.

Sur le rapport du ministre de l'instruction publique et des cultes;

Au nom du peuple français,

Le Gouvernement provisoire décrète :

Art. 1. Afin de donner à l'enseignement politique et

administratif les développements nécessaires à la République, il sera institué au collége de France une série de chaires ainsi dénommées :

1° Droit politique français et droit politique comparé;
2° Droit international et histoire des traités;
3° Droit privé;
4° Droit criminel;
5° Economie générale et statistique de la population;
6° Economie générale et statistique de l'agriculture;
7° Economie générale et statistique des mines, usines, arts et manufactures;
8° Economie générale et statistique des travaux publics;
9° Economie générale et statistique des finances et du commerce;
10° Droit administratif;
11° Histoire des institutions administratives françaises et étrangères.

Art. 2. Les chaires de droit de la nature et des gens, d'économie politique, de législation comparée, attendu qu'il est pourvu autrement à leur objet, sont supprimées.

Art. 3. La chaire de turc, attendu que, depuis l'institution de la chaire, il a été pourvu à cet enseignement par la chaire de turc établie à l'école spéciale des langues orientales vivantes, est supprimée.

Art. 4. La chaire de poésie latine se confond dans la chaire d'éloquence latine, qui, par analogie avec la chaire de grec, prend le nom de langue et littérature latine.

Art. 5. La chaire de mécanique, supprimée par arrêt de 1772, est rétablie.

Art. 6. Les élèves destinés, conformément au décret du 8 mars 1848, au recrutement des diverses branches du service administratif, seront assujettis à suivre l'instruction du collége de France.

Art. 7. Le nom d'élèves du collége de France leur sera spécialement affecté.

Art. 8. Le ministre provisoire de l'instruction publique et des cultes est chargé de l'exécution du présent décret.

Par arrêté du Gouvernement provisoire, en date du 7 avril 1848, — ont été nommés professeurs à l'École d'administration instituée par un arrêté du même jour, savoir : droit politique français et droit politique comparé, M. Jean Reynaud, ingénieur des mines; — économie générale et statistique des mines, usines, arts et manufactures, M. Bineau, ingénieur en chef des mines.

Arrêté du Gouvernement provisoire, du 22 *avril* 1848.

Le Gouvernement provisoire arrête :

Une commission sera chargée de présenter un rapport sur les questions relatives au cumul des fonctions salariées.

Cette commission sera composée de sous-secrétaires d'Etat ou secrétaires généraux, et de directeurs ou chefs de division choisis par chaque ministre dans les différents services.

Elle sera présidée par le citoyen Flocon, membre du Gouvernement provisoire.

La commission se réunira au ministère des finances.

Par arrêté du ministre des travaux publics, du 29 *avril* 1848, *agissant par délégation du Gouvernement provisoire*, — M. François, ingénieur ordinaire de 1re classe au corps des mines, est nommé ingénieur en chef de 2e classe.

Décret du Gouvernement provisoire du 2 *mai* 1848.

Le Gouvernement provisoire,

Considérant que la réorganisation générale des services publics doit entraîner de nombreuses réformes et suppressions d'emplois;

Qu'en réalisant des économies importantes dans l'intérêt des contribuables, l'Etat ne doit pas méconnaître les services rendus;

Qu'il ne serait pas juste d'exiger des fonctionnaires et employés remplacés en ce moment les conditions rigoureuses du droit à la retraite, lorsqu'on leur enlève la faculté de les accomplir;

Que le succès même de la réorganisation exige qu'une disposition exceptionnelle permette de concilier l'humanité et l'économie, afin que l'administration ne soit pas entravée dans l'exécution des mesures réclamées par les nécessités publiques;

Que les caisses de retraite, d'après les principes de leur institution, ne sont appelées à servir que les pensions acquises dans les conditions ordinaires, c'est-à-dire par la durée des services, l'invalidité naturelle ou le grand âge des employés, mais que ces établissements peuvent être d'autant moins tenus à supporter la charge des pensions qui sont la conséquence d'une réorganisation générale, que de semblables mesures, en augmentant les pensions, ont en même temps pour effet de diminuer le produit des retenues par la réduction même des traitements;

Que, dans une telle situation, il est équitable que l'Etat affecte temporairement au service des pensions exceptionnellement acquises aux employés réformés, une partie des économies réalisées,

Décrète ce qui suit :

Art. 1er. Les fonctionnaires et employés qui, du 25 février au 25 juillet de la présente année, auront été réformés pour cause de suppression d'emploi, de réorganisation, ou pour toute autre mesure administrative qui n'aurait pas le caractère de révocation ou de destitution, pourront obtenir pension, s'ils réunissent vingt ans de service, dont quinze ans au moins entièrement accomplis dans la partie active, ou vingt-cinq ans indistinctement accomplis dans la partie active ou sédentaire.

Cette pension sera calculée pour chaque année de service civil, à raison d'un soixantième du traitement moyen des quatre dernières années d'exercice. En aucun cas, elle ne devra excéder le maximum de la pension de retraite affectée à chaque emploi.

Art. 2. Ceux des fonctionnaires et employés réformés, qui ne compteront pas la durée de service exigée par l'article précédent, obtiendront une indemnité temporaire réglée dans les proportions fixées par ledit article, et

dont la jouissance sera limitée à un temps égal à celui de la durée de leurs services dans le ministère ou l'administration où se terminera leur activité.

Art. 3. Les pensions concédées en vertu de l'article 1er ci-dessus seront éventuellement réversibles sur la tête des veuves et des enfants des titulaires, aux conditions du règlement général du 12 janvier 1825.

Art. 4. *Mesure transitoire.* — La moitié des économies obtenues par suite de réorganisation ou de suppression d'emplois pourra être spécialement affectée au service des pensions et indemnités concédées en vertu du présent décret.

Par arrêté de la Commission du pouvoir exécutif, en date du 11 *mai* 1848 (1), *portant nomination de nouveaux ministres*, — M. Trélat est chargé du département des travaux publics.

Par arrêté du président du conseil, chargé du pouvoir exécutif, en date du 28 *juin* 1848, *relatif à la formation d'un nouveau ministère*, — M. Recurt est nommé ministre des travaux publics.

DÉCISIONS MINISTÉRIELLES.

Par décision du ministre des travaux publics, du 29 *février* 1848, — M. Bineau, ingénieur en chef des mines, est autorisé à accepter le titre de *conseil d'art* de la compagnie des fonderies et forges de la Loire et de l'Ardèche.

Arrêté du ministre, du 3 *mars* 1848.

Le membre du Gouvernement provisoire, ministre des travaux publics,

Considérant qu'il importe, dans les circonstances ac-

---

(1) Cette commission est composée de MM. Arago, Garnier-Pagès, Marie, de Lamartine et Ledru-Rollin.

tuelles, d'imprimer une vive impulsion aux diverses branches du service public;

Considérant qu'un certain nombre de résidences d'ingénieur ordinaire sont actuellement vacantes;

Arrête :

Les élèves-ingénieurs des mines de troisième année sont déclarés hors de concours. Ils seront placés immédiatement dans les services publics.

Arrêté du ministre, du 9 *mars* 1848.

Le membre du Gouvernement provisoire, ministre des travaux publics,

Vu son arrêté en date du 3 de ce mois, qui dispose que les élèves de troisième année à l'École des mines sont, à raison des circonstances, dispensés des examens qui leur restaient à subir, et déclarés hors de concours;

Considérant que plusieurs élèves-ingénieurs précédemment placés dans le service des départements, bien qu'ayant passé tous leurs examens n'ont pas encore été mis hors de concours, cette mesure ayant été ajournée jusqu'à l'époque de la production de leurs mémoires de voyages;

Considérant que les élèves dont il s'agit ont fait preuve de zèle et d'aptitude dans la direction des services dont ils sont chargés;

Arrête :

MM. Trautmann, Benoit, Tournaire, Peschart d'Ambly et Labrosse-Luuyt, élèves-ingénieurs de 1re classe, sont déclarés hors de concours pour prendre rang dans l'ordre des promotions de sortie de l'École des mines.

Par arrêté du ministre, du 9 *mars* 1848, — M. Trautmann, élève-ingénieur hors de concours, est nommé aspirant-ingénieur.

Par arrêté du ministre, du 9 *mars* 1848, — M. Chatelus, ingénieur ordinaire de 1re classe en congé, est

chargé du service du sous-arrondissement minéralogique de Clermont-Ferrand, en remplacement de M. Gauldrée-Boilleau.

Par décision du ministre, du 9 *mars* 1848, — il est créé dans l'arrondissement minéralogique d'Alais un nouveau sous-arrondissement, comprenant les deux départements de l'Ardèche et de la Lozère, et dont le chef-lieu est fixé à Privas; — le sous-arrondissement minéralogique d'Alais est limité au département du Gard; — le service de l'ingénieur des mines en résidence à Montpellier est composé du département de l'Hérault et de la surveillance de l'exploitation des chemins de fer du Gard.

Par décision du ministre, du 10 *mars* 1848, — M. Gauldrée-Boilleau, aspirant-ingénieur, est placé, sur sa demande, dans le cadre de réserve.

Par arrêté du ministre, du 14 *mars* 1848, — M. Debette, ingénieur ordinaire des mines, secrétaire-adjoint de la commission des Annales des mines, est nommé secrétaire en titre de cette commission, en remplacement de M. de Boureuille, ingénieur en chef.

Par le même arrêté, M. de Boureuille est nommé membre titulaire de la commission des Annales des mines.

Par décision du ministre, du 18 *mars* 1848, — M. Dupont, ingénieur des mines, à Montpellier, est autorisé à ouvrir un cours public sur les appareils à vapeur, dans l'intérêt des ouvriers qui se destinent au service des chemins de fer et de la navigation à la vapeur.

Arrêté du ministre, du 20 *mars* 1848.

Le membre du Gouvernement provisoire, ministre des travaux publics,

Considérant que l'institution des commissaires du Gouvernement près les compagnies de chemins de fer, telle qu'elle existe aujourd'hui, n'est pas dans les conditions de hiérarchie qui doivent régir toutes les branches de

l'administration publique, que le nombre des commissaires excède les besoins du service, et que le morcellement des attributions ne permet pas de réunir et de coordonner avec méthode les documents statistiques concernant l'exploitation commerciale des chemins de fer;

Arrête :

Art. 1er. Les commissaires royaux près les compagnies de chemins de fer sont supprimés.

Art. 2. La surveillance de l'exploitation commerciale des chemins de fer et des opérations financières des compagnies sera confiée à des agents qui prendront le nom d'*inspecteurs de l'exploitation commerciale.*

Art. 3. Les inspecteurs seront de deux classes :

Inspecteurs principaux. — Inspecteurs particuliers.

Les inspecteurs principaux centralisent les affaires et coordonnent les documents statistiques des arrondissements d'inspection auxquels ils sont attachés.

Les inspecteurs particuliers correspondent avec les inspecteurs principaux, et sont placés sous leur direction.

Art. 4. Le nombre des arrondissements d'inspection est fixé à six.

Le premier arrondissement comprendra les chemins de fer

De Paris en Belgique et ses embranchements sur Calais et Dunkerque;

De Creil à Saint-Quentin;

D'Amiens à Boulogne.

Il y sera attaché un inspecteur principal et deux inspecteurs particuliers.

Le deuxième arrondissement comprendra les chemins de fer

De Paris à Strasbourg et les embranchements de Reims et de Saarbruck;

De Strasbourg à Bâle et de Mulhouse à Thann.

Il y sera attaché un inspecteur principal et un inspecteur particulier.

Le troisième arrondissement comprendra les chemins de fer

De Paris à Lyon;

De Montereau à Troyes;
De Saint-Etienne à Lyon et de Saint-Etienne à Andrezieux;
D'Andrezieux à Roanne et l'embranchement de Montrond;
De Lyon à Avignon;
De Marseille à Avignon.

Il y sera attaché un inspecteur principal et trois inspecteurs particuliers.

Le quatrième arrondissement comprendra les chemins de fer
D'Alais à Beaucaire et d'Alais à la Grand'-Combe;
De Montpellier à Cette;
De Montpellier à Nîmes.

Il y sera attaché un inspecteur principal et un inspecteur particulier.

Le cinquième arrondissement comprendra les chemins de fer
De Paris à Orléans;
D'Orléans à Bordeaux;
De Tours à Nantes;
Et d'Orléans sur le Centre.

Il y sera attaché un inspecteur principal et deux inspecteurs particuliers.

Le sixième arrondissement comprendra les chemins de fer
De Paris à Rouen;
De Rouen au Havre;
De Rouen à Dieppe et à Fécamp;
De Paris à Versailles (rive droite);
De Paris à Versailles (rive gauche);
De Paris à Saint-Germain;
De Paris à Sceaux,
De Paris à Chartres.

Il y sera attaché un inspecteur principal et trois inspecteurs particuliers.

Par arrêté du ministre, du 22 mars 1848, — MM. Chéron et Dufrénoy, inspecteurs généraux adjoints au corps

des mines, sont nommés inspecteurs généraux de 2e classe.

Par arrêté du ministre, du 22 *mars* 1848, — M. Gras, ingénieur en chef des mines à Grenoble, est chargé de l'arrondissement minéralogique de Grenoble, en remplacement de M. Gueymard; il continuera de s'occuper des études géologiques et météorologiques sur les torrents des Alpes; — M. Baudin, ingénieur en chef à Moulins, est chargé de l'arrondissement minéralogique de Clermont-Ferrand, en remplacement de M. Burdin : sa résidence est maintenue provisoirement à Moulins; — M. Lorieux, ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique de Versailles, est chargé du service des machines à vapeur du département de la Seine, en remplacement de M. Combes; — M. Levallois, ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique de Nancy, est nommé secrétaire du conseil général des mines, en remplacement de M. Thirria.

Par arrêté du ministre, du 22 *mars* 1848, — M. Bineau, ingénieur en chef des mines de 2e classe, est élevé à la première classe de son grade.

Par arrêté du ministre, du 22 *mars* 1848, — les deux arrondissements minéralogiques d'Amiens et de Versailles sont réunis au service de M. Juncker, ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique de Paris.

Arrêté du ministre, du 22 *mars* 1848.

Le membre du Gouvernement provisoire, ministre des travaux publics,

Vu son arrêté du 3 mars, qui déclare hors de concours MM. Marsilly, Roger, Lamé-Fleury, Bère et Arnoux, élèves de troisième année de l'École des mines, et les met à la disposition de l'administration pour être employés dans les différents postes d'ingénieur ordinaire actuellement vacants;

Vu sa décision du 9 mars, qui crée dans l'arrondissement minéralogique d'Alais un nouveau sous-arrondis-

sement composé des deux départements de l'Ardèche et de la Lozère;

Arrête :

Art. 1er. M. Marsilly est mis à la disposition de l'ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique de Paris, pour être employé au service des départements de l'Oise, de l'Aisne et de la Somme. — M. Marsilly sera en outre attaché au service de surveillance et de contrôle du chemin de fer d'Amiens à Boulogne. Il sera placé, pour ce service spécial, sous les ordres de M. Bineau, ingénieur en chef des mines. Sa résidence est fixée provisoirement à Amiens.

Art. 2. M. Roger est mis à la disposition de M. Gras, ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique de Grenoble, pour le service ordinaire des départements de l'Isère, des Hautes-Alpes et de la Drôme. Il résidera à Grenoble. M. Gras reste chargé des études géologiques et météorologiques sur les torrents des Alpes.

Art. 3. M. Lamé-Fleury est mis à la disposition de l'ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique de Laval, pour le service des départements de la Sarthe et de la Mayenne. Il résidera au Mans.

Art. 4. M. Bère est mis à la disposition de l'ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique de Chaumont, pour le service du département de la Haute-Marne. Il résidera à Chaumont.

Art. 5. M. Arnoux est mis à la disposition de l'ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique d'Alais, pour le service des deux départements de l'Ardèche et de la Lozère, qui constitueront un nouveau sous-arrondissement minéralogique. Il résidera à Privas.

Art. 6. En conséquence de la décision qui crée, dans l'arrondissement minéralogique d'Alais, un nouveau sous-arrondissement d'ingénieur ordinaire, le sous-arrondissement d'Alais est limité au département du Gard. Le service de l'ingénieur ordinaire en résidence à Montpellier comprendra le département de l'Hérault et le service de surveillance des chemins de fer du Gard et de l'Hérault.

Par arrêté du ministre, du 24 mars 1848, — un cours de paléontologie, composé de vingt leçons, est institué à l'École des mines, comme annexe au cours de géologie; — M. Bayle, ingénieur ordinaire des mines, adjoint au conservateur des collections, est chargé de cet enseignement, sous la direction du professeur de géologie.

Par arrêté du ministre, du 28 mars 1848, — M. Delsériès, ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique de Saint-Étienne, est chargé de l'arrondissement minéralogique de Mâcon, en remplacement de M. Drouot, ingénieur en chef, qui remplace lui-même M. Delsériès; — le chef-lieu de l'arrondissement minéralogique de Mâcon est transféré à Châlon-sur-Saône.

Par arrêté du ministre, du 3 avril 1848, — M. Sauvage, ingénieur ordinaire des mines de 2e classe, est élevé à la 1re classe de son grade.

Par arrêté du ministre, du 7 avril 1848, — les inspections générales du service des mines sont réparties de la manière ci-après entre les huit inspecteurs généraux chefs des divisions minéralogiques, savoir :

Inspection du Nord :	MM. Dufrénoy,	insp. gén.	de 2e cl.
— du Nord-Est :	Combes,	*id.*	*id.*
— de l'Est :	Chéron,	*id.*	*id.*
— du Centre :	Thirria,	*id.*	*id.*
— du Sud-Est :	de Bonnard,	*id.*	1re cl.
— du Sud-Ouest :	Cordier,	*id.*	*id.*
— de l'Ouest :	Migneron,	*id.*	*id.*
— du Nord-Ouest :	Élie de Beaumont,	*id.*	2e cl.

Par arrêté du ministre, du 7 avril 1848, — M. Bineau, ingénieur en chef des mines, membre de la commission centrale des machines à vapeur, est nommé secrétaire de cette commission, en remplacement de M. Combes, promu au grade d'inspecteur général de 2e classe, et qui prendra rang dans la commission comme membre titulaire; — M. Phillips, ingénieur ordinaire attaché au service des appareils à vapeur du département de la Seine, est nommé secrétaire-adjoint de la commission centrale des machines à vapeur.

Par arrêté du ministre, du 7 avril 1848, — MM. Thirria, inspecteur général des mines, et Lorieux, ingénieur

en chef, chargé du service des appareils à vapeur du département de la Seine, sont nommés membres de la commission centrale des machines à vapeur.

Arrêté du ministre, du 12 avril 1848.

Le membre du Gouvernement provisoire, ministre des travaux publics;

Considérant qu'il importe, dans l'intérêt du service, aussi bien que dans l'intérêt du trésor, de simplifier les rouages de l'administration, en supprimant les services dont l'existence distincte n'est pas suffisamment motivée, et en les réunissant aux services avec lesquels ils ont une intime relation;

Considérant, d'après ce principe:

1° Que la division formée au ministère des travaux publics, sous le titre de division des cours d'eau, usines, desséchements, irrigations et services divers, n'est qu'une annexe de la division de la navigation;

2° Que le partage entre deux divisions distinctes du service de l'exploitation technique et de l'exploitation commerciale des chemins de fer, ne peut que ralentir l'expédition des affaires, en obligeant l'administration à statuer, par de doubles décisions, sur des questions presque toujours connexes;

3° Que le bureau de statistique centrale, par son titre même et d'après le but de son institution, ne saurait continuer de faire une division chargée d'attributions spéciales et doit être rattaché à la division chargée de l'examen des questions générales;

4° Que le 2e et le 3e bureau de la division de la comptabilité peuvent, sans inconvénient, être réunis en un seul;

5° Que la concentration dans un même bureau d'une grande partie du travail d'expédition actuellement distribué entre toutes les divisions doit, en augmentant la somme de ce travail, faciliter des réductions de personnel;

Arrête ce qui suit:

Art. 1er. La division formée sous le titre de *Division des cours d'eau, usines, desséchements, irrigations et services divers*, est supprimée.

Le service des usines, des desséchements et des irrigations formera le 3e bureau de la division de la navigation.

Le service des bacs est réuni au bureau de la navigation fluviale.

Le service des dunes et le service de l'approvisionnement de Paris (matériel) sont réunis au bureau des ports et des canaux.

Art. 2. La division formée sous le titre de *Commissariat central près les compagnies des chemins de fer* est supprimée.

Le bureau chargé, sous la direction du commissaire central, du contrôle et de la surveillance de l'exploitation commerciale des chemins de fer, sera réuni au 2e bureau de la division des chemins de fer, déjà chargé de toutes les affaires relatives à l'exploitation technique.

Le bureau de statistique centrale placé sous la même direction sera réuni à la division dont la direction est confiée au secrétaire général.

Art. 3. Le 2e et le 3e bureau de la division de la comptabilité seront réunis en un seul, qui sera dirigé par un sous-chef de bureau.

Art. 4. Le travail d'expédition sera centralisé dans un bureau spécial composé d'expéditionnaires tirés de toutes les divisions et dirigés par un sous-chef sous les ordres du chef du bureau du secrétariat général.

Les autres bureaux ne conserveront que la partie de ce travail qui, par sa nature ou par des considérations de service, devra leur être réservée.

Art. 5. Le secrétaire général du ministère est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui aura son effet à dater du 16 avril.

Par arrêté du ministre, *du* 12 *avril* 1848, — M. Salomon, chef du 2e bureau de la division des mines, est nommé chef de la division des mines, en remplacement de M. de Cheppe, admis à faire valoir ses droits à la retraite.

Par décision du ministre, *du* 17 *avril* 1848, — les deux départements de la Moselle et de la Meurthe, formant l'ar-

rondissement minéralogique de Nancy, sont réunis à l'arrondissement minéralogique de Strasbourg.

Par décision du ministre, du 19 *avril* 1848, — M. Houpeurt, ingénieur des mines, professeur à l'école des mineurs de Saint-Etienne, est autorisé à accepter la direction de l'exploitation de mines dans le département de la Loire. Il lui est accordé à cet effet un congé illimité.

Par arrêté du ministre, du 24 *avril* 1848, — M. Benoît, élève-ingénieur des mines hors de concours, est chargé du service du sous-arrondissement de Vicdessos; — le service du sous-arrondissement de Carcassonne, que quitte M. Benoît, est confié provisoirement à l'ingénieur du sous-arrondissement de Montpellier.

Par décision du ministre, du 24 *avril* 1848, — la résidence de M. Labrosse-Luuyt, élève-ingénieur des mines hors de concours, chargé des fonctions d'ingénieur ordinaire dans les départements de Saône-et-Loire et de l'Ain, est transférée d'Autun à Châlon.

Par arrêté du ministre, du 30 *avril* 1848, — M. Levallois, ingénieur en chef de 1re classe, secrétaire du conseil général des mines, et M. Salomon, chef de la division des mines, sont nommés membres de la commission de statistique de l'industrie minérale et de la commission des Annales des mines.

Par arrêté du ministre, du 30 *avril* 1848, — M. de Cheppe, ancien chef de la division des mines et membre des commissions de statistique de l'industrie minérale et des Annales des mines, continuera de faire partie de ces deux commissions.

Arrêté du ministre, *du* 3 *mai* 1848.

Le ministre des travaux publics, membre du Gouvernement provisoire,

Vu les mémoires adressés au ministre des travaux publics, dans lesquels divers concessionnaires de mines expriment le vœu que l'administration s'occupe d'exami-

ner et de déterminer le mode suivant lequel le concours de l'Etat pourrait s'exercer dans l'exploitation des mines;

Arrête qu'une commission spéciale sera chargée d'examiner les questions que soulèvent les demandes dont il s'agit, et désigne pour faire partie de cette commission :

MM. Jean Reynaud, ingénieur des mines, économiste;
Salomon, chef de la division des mines;
Thirria, inspecteur général des mines;
Combes, *id.*, professeur d'exploitation des mines à l'École des mines;
Le Play, ingénieur en chef des mines, professeur de minéralurgie à la même École.

M. Debette, ingénieur ordinaire des mines, remplira les fonctions de secrétaire. Il aura voix consultative dans la commission (1).

Par décision du ministre, du 31 *mai* 1848, — M. Piérard, ingénieur ordinaire des mines, est chargé, sous les ordres de M. Bineau, de la vérification et de la réception du matériel des chemins de fer de Paris à Strasbourg et de Paris à Lyon.

Par décision du ministre, du 31 *mai* 1848, — M. Couche, ingénieur ordinaire des mines, cesse d'être chargé du service du département de Seine-et-Marne; ce service, réuni à celui des départements de Seine-et-Oise et du Loiret, est confié à M. Gentil.

Par arrêté du ministre, du 1er *juin* 1848, — sont élevés à la 1re classe de leur grade :

1° les ingénieurs en chef des mines de 2e classe
Manès,
Marrot,
Lorieux,
De Billy,
Le Play;

---

(1) Par une décision ultérieure, p. 827, MM. Juncker et Chatelus ont été nommés membres de la commission.

2° MM. les ingénieurs ordinaires de 2° classe
Daubrée,
Sentis,
Callon,
Le Chatelier,
Couche,
Comte,
Guillebot de Nerville.

Par décision du ministre, *du* 12 *juin* 1848,—MM. Juncker, ingénieur en chef des mines, et Chatelus, ingénieur des mines, sont nommés membres de la commission d'exploitation des mines, créée par l'arrêté ministériel du 3 mai 1848 (1).

(1) Voir cet arrêté, p. 825.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

ÉTAT GÉNÉRAL DU PERSONNEL DES MINES

AU 1er JUILLET 1848.

M. RECURT, *MINISTRE.*

M. BOULAGE (O ✻), *SECRÉTAIRE GÉNÉRAL,*

ADMINISTRATION CENTRALE.

DIVISION DU PERSONNEL.

MM.

BOULAGE (O ✻), Chargé de la division du Secrétariat général et du Personnel.

NANTA ✻, Chef de bureau.

DIVISION DES MINES.

SALOMON ✻, Chef de division.

1er *Bureau*. Recherche et concession des mines.—Études de terrains, topographies souterraines.—Surveillance des mines, minières, tourbières, carrières.—Sociétés anonymes et autres. — Secours, encouragements. — Machines et bateaux à vapeur.

JABINEAU ✻, Chef de bureau.

2e *Bureau*. Usines métallurgiques. — Réunion des documents statistiques sur les mines et usines.—Comptes rendus.—Annales des mines.—Cartes géologiques.—Collections.—Laboratoires de chimie.—Redevances des mines. — Questions de douanes, d'octrois. — Questions techniques, etc.

CHAHUET ✻, Chef de bureau.

DIVISION DE LA COMPTABILITÉ.

GAUTIER-DAGOTY ✻, Chef de division.

CONSEIL GÉNÉRAL DES MINES.

Le Conseil est présidé par le Ministre ; les Inspecteurs généraux, présents au Conseil, y prennent rang entre eux dans l'ordre d'ancienneté de nomination

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE PREMIÈRE CLASSE.

MM.

CORDIER (C ✻), Membre de l'Académie des Sciences, chargé de présider le Conseil en l'absence du Ministre, rue Cuvier, 25.

DE BONNARD (C ✻), Membre de l'Académie des Sciences, rue Neuve-des-Mathurins, 6.

MIGNERON (O ✻), rue de Grenelle-Saint-Germain, 117.

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE DEUXIÈME CLASSE.

CHÉRON (O ✻), rue Saint-Georges, 23.

DUFRÉNOY (O ✻), Membre de l'Académie des Sciences, rue d'Enfer, 34.

ÉLIE DE BEAUMONT (O ✻), Membre de l'Académie des Sciences rue de Sèvres, 17.

THIRRIA (O ✻), rue de Vaugirard, 28.

COMBES (O ✻), Membre de l'Académie des Sciences, rue de l'Ouest, 24.

SECRÉTARIAT DU CONSEIL.

LEVALLOIS ✻, Ingénieur en chef, Secrétaire du Conseil, rue de Verneuil, 9.

COMMISSION CENTRALE DES MACHINES A VAPEUR.

MM.

CORDIER (C ✻), Inspecteur général des Mines, Membre de l'Académie des Sciences, *Président*.
DE BONNARD (C ✻), Inspecteur général des Mines, Membre de l'Académie des Sciences.
KERMAINGANT (C ✻), Inspecteur général des Ponts-et-Chaussées.
THIRRIA (O ✻), Inspecteur général des Mines.
COMBES (O ✻), Insp. gén. des Mines, Membre de l'Acad. des Sciences.
LAMÉ ✻, Ing. en ch. des Mines, Membre de l'Académie des Sciences.
MARY (O ✻), Inspecteur divisionnaire des Ponts-et-Chaussées.
LORIEUX ✻, Ingénieur en chef des Mines,
BÉLANGER ✻, Ingénieur en chef des Ponts-et-Chaussées.
REGNAULT ✻, Ing. en ch. des Mines, Membre de l'Acad. des Sciences.
BINEAU ✻, Ing. en ch. des Mines, *Secrétaire*, rue Nve-des-Mathurins, 10.
PHILLIPS, Ingénieur ordinaire, *Secrétaire-adjoint*, rue Blanche, n° 8.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

CORDIER (C ✻), Inspecteur général, *Président*.
DE BONNARD (C ✻), Inspecteur général.
MIGNERON (O ✻), Inspecteur général.
CHÉRON (O ✻), Inspecteur général.
DUFRÉNOY (O ✻), Inspecteur général, Directeur de l'École des Mines.
ÉLIE DE BEAUMONT (O ✻), Inspecteur général, Membre de l'Académie des Sciences, Professeur à l'École des Mines.
COMBES (O ✻), Inspecteur général, Professeur à l'École des Mines.
THIRRIA (O ✻), Inspecteur général.
LE PLAY ✻, Ingénieur en chef, Professeur à l'École des Mines.
DE CHEPPE (O ✻), Chef de division en retraite.
EBELMEN ✻, Ingénieur ordinaire, Professeur à l'École des Mines.
DE BOUREUILLE ✻, Ing. en ch., Chef de la division des Chemins de fer.
LEVALLOIS ✻, Ing. en chef, Secrétaire du Conseil général des Mines.
SALOMON ✻, Chef de la division des Mines.
DEBETTE, Ingénieur ordinaire, *Secrétaire*, rue Neuve-Breda, 9.

COMMISSION DE STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

MIGNERON (O ✻), Inspecteur général, *Président*.
THIRRIA (O ✻), Inspecteur général.
CHEVALIER (Michel) (O ✻), Ingénieur en chef, Conseiller d'État.
DE CHEPPE (O ✻), Chef de division en retraite.
LEVALLOIS ✻, Ing. en chef, Secrétaire du Conseil général des Mines.
SALOMON ✻, Chef de la division des Mines.
LE PLAY ✻, Ingénieur en chef, *Secrétaire*, rue Belle-Chasse, 10.

INSPECTIONS GÉNÉRALES DU SERVICE DES MINES.

Désignation des inspections.	Départements qui composent chaque inspection.	Inspecteurs généraux.
Nord.....	Seine, Seine-et-Oise, Loiret, Seine-et-Marne, Nord, Pas-de-Calais, Somme, Aisne, Oise.	DUFRÉNOY (O ✻).
Nord-Est. .	Ardennes, Meuse, Marne, Aube, Yonne, Meurthe, Moselle, Bas-Rhin, Vosges, Haut-Rhin. . .	COMBES (O ✻).
Est......	Haute-Saône, Haute-Marne, Côte-d'Or, Saône-et-Loire, Ain, Doubs, Jura.	CHÉRON (O ✻).
Centre....	Loire, Rhône, Cantal, Puy-de-Dôme, Haute-Loire, Cher, Allier, Nièvre.	THIRRIA (O ✻).
Sud-Est. . .	Bouches-du-Rhône, Vaucluse, Var, Basses-Alpes, Corse, Isère, Hautes-Alpes, Drôme, Ardèche, Lozère, Gard, Hérault, Aude, Pyrénées-Orientales.	DE BONNARD (C ✻).
Sud-Ouest. .	Lot-et-Garonne, Dordogne, Corrèze, Lot, Aveyron, Tarn-et-Garonne, Tarn, Haute-Garonne, Ariége, Gironde, Landes, Basses-Pyrénées, Gers, Hautes-Pyrénées.	CORDIER (C ✻).
Ouest.....	Vienne, Creuse, Haute-Vienne, Charente, Charente-Inférieure, Indre-et-Loire, Loir-et-Cher, Indre, Loire-Inférieure, Vendée, Deux-Sèvres, Maine-et-Loire.	MIGNERON (O ✻).
Nord-Ouest.	Seine-Inférieure, Eure, Eure-et-Loir, Manche, Calvados, Orne, Sarthe, Mayenne, Ille-et-Vilaine, Côtes-du-Nord, Morbihan, Finistère.	ÉLIE DE BEAUMONT (O ✻).

TABLEAU DU SERVICE DES MINES

PAR DIVISIONS, ARRONDISSEMENTS ET SOUS-ARRONDISSEMENTS MINÉRALOGIQUES

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscriptions des sous-arrondissements.	Gardes-mines.

DIVISION DU NORD.

DUFRÉNOY (O ✱), Inspecteur général de 2ᵉ classe.

Arrondissement de Paris.

JUNCKER (O ✱), Ingénieur en chef, 1ʳᵉ classe.

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscriptions des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
De Fourcy, 1ʳᵉ cl. Sentis, 1ʳᵉ cl.	Paris.	Seine.	
		Seine-et-Oise	Moklin, 3ᵉ cl. Thouvenin, 4ᵉ cl.
Gentil, 2ᵉ cl.	Paris.	Loiret. Seine-et-Marne.	Rosset, 2ᵉ cl. Makowiecki, 2ᵉ cl.
Marsilly, él. h. de c.	Amiens.	Somme. Aisne. Oise.	

Arrondissement de Valenciennes.

BOUDOUSQUIÉ ✱, Ing. en chef, 2ᵉ cl.

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscriptions des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
Meugy, 2ᵉ cl.	Lille.	Nord.—Moins les app. à vapʳ du territ. d'Avesnes.	
Comte, 1ʳᵉ cl.	Valenciennes.	Nord.—Y comp. le bassin houiller de Valenciennes.	Lévy, 2ᵉ cl.
Service fait par l'ing. en chef.	Douai.	Nord. — Y compris le serv. des mach. à vapʳ du territoire d'Avesnes.	Heuse, 4ᵉ cl.
Dusouich, 1ʳᵉ cl.	Arras.	Pas-de-Calais.	

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscriptions des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
DIVISION DU NORD-EST.			
COMBES (O ✻), Inspecteur général de 2e classe.			
Arrondissement de Troyes.			
REVERCHON ✻, Ingénieur en chef, 2e classe.			
Peschart d'Ambly, él. h. de c.	Mézières	Ardennes Meuse	.... Brisset, 4e cl. Huppé, 3e cl.
Service fait par l'ing. en chef	Troyes	Marne Aube Yonne.	Ducas, 2e cl. Pestelard, 4e cl.
Arrondissement de Strasbourg.			
DE BILLY ✻, Ingénieur en chef, 2e classe.			
Daubrée, 1re cl.	Strasbourg	Bas-Rhin	Lebas, 2e cl.
Furiet, 2e cl.	Colmar	Haut-Rhin Vosges	Durrbach, 3e cl. Audoire, 3e cl.
Jacquot, 2e cl.	Metz	Meurthe Moselle	Mathieu, 4e cl.
DIVISION DE L'EST.			
CHÉRON (O ✻), Inspecteur général de 2e classe.			
Arrondissement de Vesoul.			
GUILLOT-DUHAMEL, Ingénieur en chef, 2e classe.			
Delesse, 2e cl.	Vesoul	Haute-Saône	Paufert, 2e cl. Mallet, 3e cl.
Bère, élève h. de c.	Chaumont	Haute-Marne	Chambrette, 4e cl. Roze, 4e cl.
Guillebot de Nerville, 1re cl.	Dijon	Côte-d'Or	Tournois, 3e cl. Lauchet, 4e cl.
Arrondissement de Châlon.			
DELSÉRIÈS ✻, Ingénieur en chef, 1re classe.			
Labrosse Luuyt, él. h. de c.	Châlon	Saône-et-Loire Ain.	Mairet, 2e cl. Heuret, 3e cl.
Boyé, 2e cl.	Besançon	Doubs. Jura.	

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscriptions des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
DIVISION DU CENTRE.			
THIRRIA (O ✻), Inspecteur général de 2e classe.			
Arrondissement de Saint-Étienne.			
DROUOT ✻, Ingénieur en chef, 2e classe.			
Mœvus, 1re cl. . . .	Saint-Étienne. .	Loire.—Moins le territ. houiller de Rive-de-Gier.	Koss, 1re cl. Clère, 4e cl.
N.	Rive-de-Gier. . .	Loire.—Territ. houiller de Rive-de-Gier et concession de St-Chamond.	Bayon ✻, 1re cl. Legrand, 2e cl.
Pigeon, 2e cl. . . .	Lyon.	Rhône.	Blanpied, 1re cl.
Arrondissement de Clermont.			
BAUDIN ✻, Ingénieur en chef, 2e classe, à Moulins.			
Chatelus, 1re cl. . .	Clermont. . . .	Cantal. Puy-de-Dôme. . . . Haute-Loire.	Jusseraud, 1re cl.
Service fait par l'ing. en chef. . .	Moulins.	Allier.	Faugière, 3e cl.
Bertera, 2 cl.	Bourges.	Cher. . . . . Nièvre.	Briotet, 3e cl. Skoczynski, 4e cl.
DIVISION DU SUD-EST.			
DE BONNARD (C ✻), Inspecteur général de 1re classe.			
Arrondissement de Grenoble.			
GRAS ✻, Ingénieur en chef, 2e classe.			
Diday, 1re cl. . . .	Marseille. . . .	Bouches-du-Rhône. Vaucluse.	Grand, 2e cl.
Meissonnier, 2e cl. .	Draguignan. . .	Var. Basses-Alpes. Corse.	
Roger, él. h. de é.	Grenoble. . . .	Isère. . . . . Hautes-Alpes . . . . Drôme.	Bernard, 2e cl. Mercanton, 3e cl. Albert, 3e cl.

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscriptions des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
DIVISION DU SUD-EST (*suite*).			
Arrondissement d'Alais.			
THIBAUD ✻, Ingénieur en chef, 1re cl.			
Trautmann, 3e cl.	Alais.	Gard.	Barnier, 3e cl. Ranchon, 4e cl.
Arnoux, él. h. de c.	Privas.	Ardèche. Lozère.	
Dupont, 2e cl. . . .	Montpellier. . .	Hérault.	Rouët, 3e cl.
N.	Carcassonne. . .	Aude. . . . . Pyrénées-Orientales.	Chadeffaud, 3e cl.
DIVISION DU SUD-OUEST.			
CORDIER (C ✻), Inspecteur général de 1re classe.			
Arrondissement de Périgueux.			
MARROT ✻, Ingénieur en chef, 1re cl.			
Bochet, 3e cl. . . .	Périgueux. . . .	Dordogne. . . . . . Lot-et-Garonne. . . Corrèze.	Laurent, 3e cl. Orlowski, 2e cl.
Renouf, 2e cl. . . .	Rodez.	Lot. Aveyron.	Bernard (A.), 1re cl.
Arrondissement de Toulouse.			
VÈNE ✻, Ingénieur en chef, 2e cl.			
De Boucheporn ✻, 1re cl.	Toulouse. . . .	Tarn-et-Garonne. Tarn. Haute-Garonne.	
Benoît, él. h. de c.	Vic-Dessos. . .	Ariége.	
Arrondissement de Bordeaux.			
MANÈS ✻, Ingénieur en chef, 1re cl.			
Service fait par l'ing. en chef.	Bordeaux. . . .	Gironde.	Canaly, 3e cl.
Bossey, 2e cl. . . .	Pau.	Basses-Pyrénées. Landes. Gers. Hautes-Pyrénées.	

Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Circonscriptions des sous-arrondissements.	Gardes-mines.
DIVISION DE L'OUEST.			
MIGNERON (O ✻), Inspecteur général de 1re classe.			
Arrondissement de Poitiers.			
GRUNER, Ing. en chef, 2e cl.			
Service fait par l'ing. en chef.	Poitiers.	Vienne. . . . . Creuse. Haute-Vienne. Charente. . . . . . . Charente-Inférieure.	Mercier, 4e cl. Roy, 2e cl. . . . .
Descottes, 2e cl. .	Tours.	Indre-et-Loire. . . . Loir-et-Cher. Indre.	Laplanche, 2e cl.
Arrondissement de Nantes.			
SENEZ ✻, ing. en chef, 2e cl.			
De Chancourtois, 2e cl.	Nantes.	Loire-Inférieure. . . Vendée. Deux-Sèvres.	Wolski, 1re cl.
Cacarrié, 2e cl. . .	Angers.	Maine-et-Loire. . . .	Barret de Besse, 3e cl. Cherbonneau.
DIVISION DU NORD-OUEST.			
ÉLIE DE BEAUMONT (O ✻), Inspecteur général de 2e classe.			
Arrondissement de Rouen.			
DE SAINT-LÉGER ✻, Ingénieur en chef, 2e cl.			
Service fait par l'ing. en chef.	Rouen.	Seine-Inférieure. . . Eure. Eure-et-Loir.	Slawecki, 2e cl. Gosselin, 4e cl.
Harlé, 1re cl.	Caen.	Manche. Calvados. . . . . . . Orne.	Dunowski, 2e cl.
Arrondissement de Laval.			
DE HENNEZEL ✻, Ing. en chef, 2e cl.			
Lamé-Fleury, élève h. de conc.	Le Mans. . . .	Sarthe. . . . . Mayenne.	Miziewicz, 3e cl.
Durocher, 2e cl. . .	Rennes.	Ille-et-Vilaine. . . . Côtes-du-Nord. Morbihan. Finistère.	Lalouette-Aljoar, 4e cl. Pomel, 3e cl.

SERVICES SPÉCIAUX ET SERVICES DIVERS.

Ingénieurs en chef.	Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Gardes-mines.
Service central de la partie métallurgique et de l'exploitation des chemins de fer.			
BINEAU ✻, 1re cl. . . BOULANGER, 2e cl. .	Piérard, 2e cl. . .	Paris.	Martin, 2e cl. Lacombe, 2e cl. Christian, 2e cl. Golembiowski, 2e cl.
Surveillance des machines à vapeur dans le département de la Seine.			
LORIEUX ✻, 1re cl. .	Phillips, ing. 2e cl.	Paris.	Fragonard, 2e cl. Bougarel, 3e cl.
Carrières de Paris et du département de la Seine.			
JUNCKER (O ✻), 1re cl., d. n.	De Fourcy, 1re cl., d. n. . . . . . . Sentis, 1re cl., d.n.	Paris.	
Travaux de consolidation des carrières sous la ville de Fécamp (Seine-Inférieure).			
DE SAINT-LÉGER ✻, 2e cl., d. n. . . .	L'ing. ord. du sous-arrond. de Caen.	Rouen	Gosselin, 4e cl., d. n.
Études géologiques et météorologiques sur les torrents des Alpes (Dép. : Isère, Drôme, Basses-Alpes, Hautes-Alpes).			
GRAS ✻, 2e cl., d. n.	Roger, él. h. de c.	Grenoble	Les Gardes-mines des départ. de l'Isère et des H.-Alpes.
Topographie du bassin houiller de Valenciennes (Nord).			
BOUDOUSQUIÉ ✻, Ing. 2e cl. d. n.	Comte, 1re cl., d.n.	Valenciennes. .	Lévy, 2e cl., d. n. Heuse, 4e cl., d. n.
Topographie du bassin houiller d'Aubin (Aveyron).			
MARROT ✻, 1re cl., d. n.	Renouf, 2e cl., d. n.	Rodez.	Bernard (A.), 1re cl. d. n.
Étude des terrains composant le bassin houiller d'Autun (S.-et-L.).			
DELSÉRIÈS ✻, 1re cl., d. n.	Labrosse Luuyt, él. h. de conc.	Châlon.	Heuret, 3e cl., d. n.
Topographie du terrain d'anthracite de Sarthe et Mayenne.			
DE HENNEZEL ✻, Ing. 2e cl., d. n.	Lamé-Fleury, él. h. de c.	Le Mans. . . .	Miziewicz, 3e cl., d. n.

INGÉNIEURS ATTACHÉS A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

Lamé ❋, Ing. en ch. 1re cl. (Examinateur).
De Sénarmont ❋, Ing. en chef 2e cl. (Examinateur).
Regnault ❋, Ing. en chef 2e cl. (Professeur).
Transon, ingén. ordin. 2e cl. (Répétiteur).
Delaunay, ingén. ord. 2e cl. (Répétiteur).
Bertrand, él. h. d. c. (Répét.)

INGÉNIEURS ATTACHÉS AU SERVICE DES MINES EN ALGÉRIE SOUS LES ORDRES DU MINISTRE DE LA GUERRE.

Garella (O ❋), Ingénieur en chef 2e cl. . . . . Alger.
Ville, Ingénieur ordinaire 2e cl.. . . . . Alger.
Dubocq, Ingénieur ordinaire 2e cl. . . . . Bône.

INGÉNIEUR ATTACHÉ AU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU COMMERCE (Eaux thermales).

François ❋, Ingénieur en chef 2e cl., à Carcassonne.

MANUFACTURE NATIONALE DES PORCELAINES DE SÈVRES.

Ebelmen ❋, Ingénieur ordinaire 1re cl.

ÉTABLISSEMENT DE DECAZEVILLE (Aveyron).

Declerk, Ingénieur ordinaire 2e cl., à Decazeville.

COMPAGNIE DES MINES D'ANZIN (Nord).

Blavier ❋, Ingénieur en chef 2e cl., à Anzin.

INGÉNIEURS ATTACHÉS A DES COMPAGNIES DE CHEMINS DE FER.

Clapeyron ❋, Ing. en ch. 2e cl.	Ligne de Paris en Belgique. Chemin de Paris a Saint-Germain.
Fournel (O ❋), Ing. en ch. 2e cl.	Chemin de Paris en Belgique.
Sauvage ❋, Ing. ordin. 1re cl. . . .	Ligne de Paris a Lyon.
Gervoy ❋, Ing. ordin. 1re cl. . . .	Chemin de Saint-Étienne a Lyon.
Audibert, Ing. ordin. 2e cl.	Chemin de Lyon a Avignon.

CARTE GÉOLOGIQUE GÉNÉRALE DE LA FRANCE.

DUFRÉNOY (O ✻), Inspect. gén., chargé de la partie occidentale.
ÉLIE DE BEAUMONT (O ✻), Insp. général, chargé de la partie orientale.

CARTES GÉOLOGIQUES DÉPARTEMENTALES.

Départements.	Ingénieurs.	Départements.	Ingénieurs.
Ardèche.	VARIN.	Cher.	BOULANGER. Bertera.
Ariége.	Benoît.	Corrèze.	De Boucheporn ✻.
Aude.	VÈNE ✻.	Dordogne. . . .	MARROT ✻.
Doubs.	Boyé.	Moselle.	REVERCHON ✻.
Gironde.	Pigeon.	Nièvre.	Bertera.
Ille-et-Vilaine. .	Durocher.	Pas-de-Calais. .	Dusouich.
Indre.	Sagey.	Puy-de-Dôme. .	BAUDIN.
Jura.	Delesse.	Pyrénées(Bses-).	Bossey.
Loire.	GRUNER.	Pyrénées(Htes-).	VÈNE ✻.
Loire-Infér. . .	Durocher.	Rhin (Bas-). . .	Daubrée.
Loiret.	Lefébure de Fourcy.	Rhône.	Pigeon.
Marne.	Sauvage ✻.	Saône-et-Loire.	MANÈS ✻.
Marne (Haute-).	GUILLOT-DUHAMEL.	Sèvres (Deux-).	Cacarrié.
Meurthe.	LEVALLOIS ✻.	Tarn.	De Boucheporn ✻.
Morbihan. . . .	Lefébure de Fourcy.	Var.	De Villeneuve ✻.
Charente. . . .	MANÈS ✻.	Vosges.	DE BILLY ✻.
Charente-Infér.	MANÈS ✻.		

INGÉNIEURS EN DISPONIBILITÉ, EN RÉSERVE OU EN CONGÉ.

VARIN.	Ing. en ch. 2e cl.	Martha-Becker. .	Ing. ord. 2e cl.
LAMBERT (C.-J.) ✻.	Ing. en ch. 2e cl.	Piot.	Ing. ord. 2e cl.
Gervoy ✻.	Ing. ord. 1re cl.	Reynaud.	Ing. ord. 2e cl.
Sagey.	Ing. ord. 1re cl.	Bertrand.	Élève-Ingén.
De Villeneuve ✻.	Ing. ord. 1re cl.	De Marignac. . . .	Élève-Ingén.
De Lamotte. . . .	Ing. ord. 2e cl.		

PROMOTIONS

DU 1er JUILLET 1847 AU 1er JUILLET 1848.

PROMOTION D'INGÉNIEURS ORDINAIRES DE 1re CLASSE AU GRADE D'INGÉNIEUR EN CHEF DE 2e CLASSE.

Ordonnance du 3 août 1847.

Boudousquié ☼.
Senez ☼.
Gruner.
Lambert ☼.

PROMOTION D'INGÉNIEUR ORDINAIRE DE 1re CLASSE AU GRADE D'INGÉNIEUR EN CHEF DE 2e CLASSE.

Ordonnance du 11 septembre 1847.

Regnault ☼.

PROMOTION D'ÉLÈVE AU GRADE D'ASPIRANT-INGÉNIEUR.

Arrêté du ministre des travaux publics, du 14 septembre 1847.

Gauldrée-Boilleau.

PROMOTION D'ASPIRANTS-INGÉNIEURS AU GRADE D'INGÉNIEUR ORDINAIRE DE 2e CLASSE.

Ordonnance du 14 septembre 1847.

Dubocq.
Bossey.

PROMOTION D'ÉLÈVE-INGÉNIEUR AU GRADE D'ASPIRANT-INGÉNIEUR.

Arrêté du ministre des travaux publics, du 20 janvier 1848.

Bochet.

PROMOTION D'INGÉNIEUR ORDINAIRE DE 1re CLASSE AU GRADE D'INGÉNIEUR EN CHEF DE 2e CLASSE.

Ordonnance du 18 février 1848.

De Hennezel ☼.

PROMOTION D'ÉLÈVE-INGÉNIEUR AU GRADE D'ASPIRANT-INGÉNIEUR.

Arrêté du Ministre des travaux publics, du 9 mars 1848.

Trautmann.

PROMOTION D'ASPIRANTS-INGÉNIEURS AU GRADE D'INGÉNIEURS ORDINAIRES DE 2e CLASSE.

Arrêté, du 20 mars 1848.

Rivot.
Phillips.
Houpeurt.

PROMOTION D'INGÉNIEURS ORDINAIRES DE 1re CLASSE AU GRADE D'INGÉNIEUR EN CHEF DE 2e CLASSE.

Arrêté, du 22 mars 1848.

De Sénarmont ✻.
Boulanger.

PROMOTION D'INGÉNIEURS EN CHEF DE 1re CLASSE AU GRADE D'INSPECTEUR GÉNÉRAL DE 2e CLASSE.

Arrêté, du 22 mars 1848.

Élie de Beaumont (O ✻).
Thirria (O ✻).
Combes (O ✻).

PROMOTION D'INGÉNIEUR EN CHEF DE 2e CLASSE AU GRADE D'INGÉNIEUR EN CHEF DE 1re CLASSE.

Arrêté du Ministre des travaux publics, du 24 mars 1848.

Bineau ✻.

PROMOTION D'ASPIRANTS-INGÉNIEURS AU GRADE D'INGÉNIEUR ORDINAIRE DE 3e CLASSE.

Arrêté, du 31 mars 1848.

Gauldrée-Boilleau.
Bochet.
Trautmann.

PROMOTION D'INGÉNIEUR ORDINAIRE DE 2e CLASSE AU GRADE D'INGÉNIEUR ORDINAIRE DE 1re CLASSE.

Arrêté du Ministre des travaux publics, du 3 avril 1848.

Sauvage ✻.

PROMOTION D'INGÉNIEUR ORDINAIRE DE 1re CLASSE AU GRADE D'INGÉNIEUR EN CHEF DE 2e CLASSE.

Arrêté, du 29 avril 1848.

François ✻.

ÉCOLE NATIONALE DES MINES.

RUE D'ENFER, N° 34.

DIRECTION ET ADMINISTRATION.

DUFRÉNOY (O ✻), Inspecteur général, Directeur de l'École.
LE PLAY ✻, Ingénieur en chef 1re cl., Inspecteur des études.

ENSEIGNEMENT.

DE SÉNARMONT ✻, Ing. en ch. 2e cl.	Professeur.	Minéralogie.
ÉLIE DE BEAUMONT (O ✻), Inspect. général 2e cl.	*idem.*	Géologie.
COMBES (O ✻), Insp. gén. 2e cl. .	*idem.*	Exploitation.
LE PLAY ✻, Ing. en chef 1re cl. .	*idem.*	Minéralurgie.
EBELMEN ✻, Ing. ord. 1re cl. . . .	*idem.*	Docimasie.
COUCHE, Ing. ordin. 1re cl.	*idem.*	Chemins de fer et construction.
DELAUNAY, Ing. ordin. 2e cl. . . .	*idem.*	Dessin et Géométrie descript. appliquée.

RIVOT, ing. ord. 2e cl.— Directeur du laboratoire, chargé d'un Cours de Chimie préparatoire pour les Élèves externes.

COLLECTIONS, BIBLIOTHÈQUE.

LE PLAY ✻, Ingénieur en chef 1re cl., d. n., Conservateur.
BAYLE, Ingénieur ordinaire 2e cl., Adjoint au Conservateur, chargé de leçons sur la Paléontologie.
Farnault, Rédacteur.
Adelmann, Gardien des collections.
Micheleau, Gardien de la bibliothèque.
Vacher, commis expéditionnaire, attaché aux collections.
Merlhiot, *idem.*

BUREAU D'ESSAIS POUR LES SUBSTANCES MINÉRALES.

RIVOT, Ingén. ordin., d. n., chargé de la direction des essais.
Daguin, Aide du laboratoire.

SERVICE DE SANTÉ.

Lacroix (O ✻), Médecin-Chirurgien.

CONSEIL DE L'ÉCOLE DES MINES.

Cordier (C ✱), Inspecteur général, *Vice-Président.*		
De Bonnard (C ✱),	*idem.*	
Migneron (O ✱),	*idem.*	
Chéron (O ✱),	*idem.*	
Dufrénoy (O ✱),	*idem.*	
Thirria (O ✱),	*idem.*	
Élie de Beaumont (O ✱),	Inspect. général,	Professeur.
Combes (O ✱),	*idem,*	*idem.*
Le Play ✱,	Ing. en chef,	*idem.*
De Sénarmont ✱,	*idem,*	*idem.*
Ebelmen ✱,	Ing. ordin.	*idem.*
Couche,	*idem,*	*idem.*
Delaunay,	*idem,*	*idem.*

ÉLÈVES INGÉNIEURS DES MINES.

31 octobre 1846.

Moutard.
Sens.
Méniolle de Sizancourt.
Flajolot.
Jutier.
Hanet-Cléry.

18 octobre 1847.

Coullard-Descos.
Blavier.
Beudant.
Cumenge.
Castel.
Lan.
Lesbros.

ÉCOLE DES MINEURS DE SAINT-ÉTIENNE

(Département de la Loire).

ADMINISTRATION.

ROUSSEL-GALLE ✻, Ing. en chef 1re cl., Directeur de l'École.

ENSEIGNEMENT.

FÉNÉON, Ing. en chef 2e cl.	Professeur.	Minéralogie et Géologie.
TOURNAIRE, élève h. de c. .	*idem.*	Préparation mécanique et Machines; Exploitation et Construction.
N.	*idem.*	Chimie et Métallurgie.
Janicot, Répétiteur de chimie, Préparat. .		Arithmétique et Comptabilité.
Duhaut, Répétiteur, 1er Surveillant des études.		Géométrie, Levé de plans et Dessin.

Buffenoir, Répétiteur, 2e Surveillant des études.

CONSEIL DE L'ÉCOLE.

Le conseil de l'École est composé de l'Ingénieur en chef Directeur et des trois Ingénieurs chargés de l'enseignement.

ÉCOLE DES MAITRES-OUVRIERS-MINEURS D'ALAIS

(Département du Gard).

Cette Ecole est placée sous l'Inspection de l'Ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique d'Alais.

CALLON, Ing. ordin.,	1re cl. . .	Directeur de l'École.
Cogniet, garde-mines,	2e cl. . .	Répétiteur, 1er Sous-Maître.
Ranchon, *idem.*	4e cl. . .	Répétiteur, 2e Sous-Maître.
Estivalet.		Surveillant des études.

TABLEAU PAR ANCIENNETÉ,

DANS CHAQUE GRADE ET DANS CHAQUE CLASSE,

DES INGÉNIEURS DES MINES EN ACTIVITÉ OU EN DISPONIBILITÉ.

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE PREMIÈRE CLASSE.

27 avril 1832.

Cordier (C ✳).

14 septembre 1835.

De Bonnard (C ✳).

20 mai 1840.

Migneron (O ✳).

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE DEUXIÈME CLASSE.

22 mars 1848.

Chéron (O ✳).
Dufrénoy (O ✳).

22 mars 1848.

Élie de Beaumont (O ✳).
Thirria (O ✳).
Combes (O ✳).

INGÉNIEURS EN CHEF DE PREMIÈRE CLASSE.

26 décembre 1836.

Roussel-Galle ✳.
Delsériès ✳.

5 mai 1840.

Levallois ✳.

10 mai 1841.

Juncker (O ✳).

28 décembre 1845.

Thibaud ✳.
Lamé ✳.

24 mars 1848.

Bineau ✳.

1er juin 1848.

Manès ✳.
Marrot ✳.
Lorieux ✳.
De Billy ✳.
Le Play ✳.

INGÉNIEURS EN CHEF DE DEUXIÈME CLASSE.

21 septembre 1837.

Clapeyron ✳.

7 mai 1840.

Blavier ✳.
Fénéon.

9 décembre 1840.

Chevalier (Michel) (O ✳).

18 mars 1842.

De Saint-Léger ✳.
Varin.

1er mai 1843.

Vène ✻.

5 janvier 1844.

Fournel (O ✻).
Garella (O ✻).

1er janvier 1845.

Dronot ✻.

1er décembre 1845.

Guillot-Duhamel.
Gras ✻.
Reverchon ✻.
De Boureuille ✻.

10 février 1847.

Baudin.

8 août 1847.

Boudousquié ✻.
Senez ✻.
Gruner.
Lambert ✻.

7 septembre 1847.

Regnault ✻.

18 février 1848.

De Hennezel ✻.

22 mars 1848.

De Sénarmont ✻.
Boulanger.

29 avril 1848.

François ✻.

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE PREMIÈRE CLASSE.

26 décembre 1836.

De Villeneuve ✻.

26 janvier 1839.

Sagey.
Gervoy ✻.

23 décembre 1845.

Harlé.
Lefébure de Fourcy.

8 mars 1847.

Dusouich.
Diday.
Mœvus.

25 juin 1847.

Chatelus.
Ebelmen ✻.
Bertrand de Boucheporn ✻.

8 avril 1848.

Sauvage ✻.

1er juin 1848.

Daubrée.
Sentis.
Callon.
Le Châtelier.
Couche.
Comte.
Guillebot de Nerville.

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE DEUXIÈME CLASSE.

4 juillet 1830.

Reynaud.
Transon.

1er novembre 1833.

Vergnette de Lamotte.

29 juin 1836.

Martha-Becker.

30 janvier 1839.

Declerck.

7 mai 1840.

Pigeon.

25 juin 1843.

Durocher.
Boyé.
Delaunay.

15 juin 1844.

Cacarrié.

Piérard.
Piot.

12 avril 1845.

Audibert.
Jacquot.
Delesse.
Descottes.
Dupont.
Meugy.
Furiet.
Meissonnier.

8 octobre 1846.

Ville.
Gentil.

10 février 1847.

Debette.
Bertera.
Bayle.
De Chancourtois.
Renouf.

14 octobre 1847.

Dubocq.
Bossey.

20 mars 1848.

Rivot.
Phillips.
Houpeurt.

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE TROISIÈME CLASSE.

31 mars 1848

Gauldrée-Boilleau.
Trautmann.
Bochet.

ÉLÈVES-INGÉNIEURS HORS DE CONCOURS.

23 mai 1846.

Bertrand.

mars 1848.

Benoît.
Tournaire.
Peschart d'Ambly.
Labrosse-Luuyt.

3 mars 1848.

Marsilly.
Lamé-Fleury.
Roger.
Bère.
Arnoux.

LISTE GÉNÉRALE
ET ALPHABÉTIQUE
DES INGÉNIEURS DES MINES
EN ACTIVITÉ OU EN DISPONIBILITÉ.

Noms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
A		
Ambly. *Voir* Peschart.		
Arnoux.	élève h. de conc.	Privas.—Division du sud-est.
Audibert.	ing. ord. 2e cl. . .	*Chemin de fer concédé de Marseille à Avignon.*
B		
Baudin	ing. en ch. 2e cl.	Moulins.—Div. du centre.
Bayle.	ing. ord. 2e cl. . .	Paris.—École des mines.
Beaumont (de). *Voir* Elie.		
Benoit.	élève h. de conc.	Vic-Dessos.—Div. du sud-ouest.
Bère.	élève h. de conc.	Chaumont.—Div. de l'est.
Bertera.	ing. ord. 2e cl. . .	Bourges.—Div. du centre et serv. ex.
Bertrand.	élève hors de conc.	École polytechnique.
Bertrand de Boucheporn ✻.	ing. ord. 1re cl. .	Toulouse.—Div. du sud-ouest.
Beudant.	élève, 2e cl. . . .	A l'École.
Billy (de) ✻.	ing. en ch. 1re cl.	Strasbourg.—Div. du nord-est et serv. extr.
Bineau ✻.	ing. en ch. 1re cl.	Paris.—Serv. spécial.
Blavier ✻.	ing. en ch. 2e cl.	Mines d'Anzin. (Service spécial.)
Blavier (Émile). . . .	élève 2e cl.. . . .	A l'École.
Bochet.	ing. ord. 3e cl. .	Périgueux.—Div. du sud-ouest.
Boilleau. *V.* Gauldrée.		
Bonnard (de) (C ✻). .	insp. gén. 1re cl.	Paris.—Division du sud-est.
Bossey.	ing. ord. 2e cl.. .	Pau.—Div. du sud-ouest.
Boucheporn (de). *Voir* Bertrand.		
Boudousquié ✻. . . .	ing. en ch. 2e cl.	Valenciennes.—Div. du nord et serv. extr.
Boulanger.	ing. en ch. 2e cl.	Paris.—Service spécial.
Boureuille (de) ✻. . .	ing. en ch. 2e cl.	Paris.—Administration centrale.
Boyé.	ing. ord. 2e cl. .	Besançon.—Div. de l'est.
C		
Cacarrié.	ing. ord. 2e cl. . .	Angers.—Div. de l'ouest.
Callon.	ing. ord. 1re cl.. .	Alais.—École des maîtres-ouv.-min.
Castel.	élève 2e cl.	A l'École.
Chancourtois (de). . .	ing. ord. 2e cl. . .	Nantes.—Div. de l'ouest.
Chatelus.	ing. ord. 1re cl. .	Clermont.—Div. du centre.
Chéron (O ✻).	insp. gén. 2e cl. .	Paris.—Division de l'est.
Chevalier (Mich.) (O ✻).	ing. en ch. 2e cl. .	Paris.—Comm. de statistique de l'industrie minérale.
Clapeyron ✻.	ing. en ch. 2e cl. .	*Ch. de fer concédés de Paris en Belgique et de Paris à St-Germain.*

Noms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
Cléry. *Voir* Hanet.		
Combes (O ✻).	insp. gén. 2e cl. .	Paris.—DIVISION DU NORD-EST.
Commines de Marsilly.	élève h. de conc.	Amiens.—Div. du nord.
Comte.	ing. ord. 1re cl.. .	Valenciennes.—Div. du nord et s. ex.
Cordier (C ✻)..	insp. gén. 1re cl. .	Paris.—DIVISION DU SUD-OUEST.
Couche.	ing. ord. 1re cl.. .	École des Mines.
Coullard-Descos. . . .	élève 2e cl. . . .	A l'école.
Cumenge.	élève 2e. cl. . . .	A l'école.
D		
Daubrée..	ing. ord. 1re cl.. .	Strasbourg.—Div. du nord-est.
Debette.	ing. ord. 2e cl. . .	Paris.—Comm. des Ann. des mines.
Declerk..	ing. ord. 2e cl. . .	Serv. part. (Decazeville).
Delaunay.	ing. ord. 2e cl. . .	Paris.—École des mines et Éc. polyt.
Delesse.	ing. ord. 2e cl. .	Vesoul.—Div. de l'est.
Delsériès ✻..	ing. en ch. 1re cl..	Châlon.—Div. de l'est et serv. extr.
Descos. *V.* Coullart.		
Descottes.	ing. ord. 2e cl. .	Tours.—Div. de l'ouest et serv. extr.
Diday..	ing. ord. 1re cl. .	Marseille.—Div. du sud-est.
Drouot ✻.	ing. en ch. 2e cl.	Saint-Etienne.—Div. du centre et serv. extr.
Dubocq..	ing. ord. 2e cl. . .	Algérie.
Dufrénoy (O ✻). . . .	inspect. gén. 2e cl.	Paris.—DIV. DU NORD et Éc. des min.
Duhamel. *V.* Guillot.		
Dupont.	ing. ord. 2e cl. .	Montpellier.-Div. du sud-est et s. ex.
Durocher.	ing. ord. 2e cl. . .	Rennes.—Div. du nord-ouest.
Dusouich.	ing. ord. 1re cl. .	Arras.—Div. du nord.
E		
Ebelmen ✻..	ing. ord. 1re cl. .	Paris.—Éc. des mines et serv. part.
Elie de Beaumont (O✻).	insp. gén. 2e cl. .	Paris.—DIVISION DU NORD-OUEST.
F		
Fénéon.	ing. en ch. 2e cl. .	Saint-Étienne.—École des mineurs.
Flajolot.	élève 2e cl.. . . .	A l'École.
Fleury. *Voir* Lamé.		
Fourcy (de). *Voir* Lefébure.		
Fournel (O ✻).	ing. en ch. 2e cl. .	*Chemin de fer concédé de Paris en Belgique.*
François ✻..	ing. en ch. 2e cl. .	Minist. de l'agr. et du comm. (eaux thermales).
Furiet..	ing. ord. 2e cl. .	Colmar.—Div. du nord-est et serv. ex.
G		
Galle. *Voir* Roussel.		
Gallissart de Marignac.	élève.	En congé (Suisse).
Garella (O ✻)	ing. en ch. 2e cl. .	Algérie.
Gauldrée-Boilleau. . .	ing. ord. 3e cl. .	En réserve.
Gentil..	ing. ord. 2e cl. .	Paris.—Div. du nord.
Gervoy ✻..	ing. ord. 1re cl. .	En congé.
Gras ✻.	ing. en ch. 2e cl.	Grenoble.-Div. du sud-est et serv. sp

Noms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
Gruner.	ing. en ch. 2e cl.	Poitiers.—Div. de l'ouest.
Guillebot de Nerville..	ing. ord. 1re cl.. .	Dijon.—Div. de l'est.
Guillot-Duhamel. . . .	ing. en ch. 2e cl. .	Chaumont.—Division de l'est.
H		
Hanet-Cléry.	élève 2e cl.	A l'École.
Harlé.	ing. ord. 1re cl.. .	Caen.—Division du nord-ouest et serv. ext.
Hennezel (de) ✻. . . .	ing. en ch. 2e cl.	Le Mans.—Div. du nord-ouest.
Houpeurt.	ing. ord. 2e cl. .	En congé.
Hureau de Sénarmont ✻.	ing. en ch. 2e cl.	Paris.—Éc. des Mines et École polyt.
J		
Jacquot.	ing. ord. 2e cl. ..	Metz.—Div. du nord-est.
Juncker (O ✻).	ing. en ch. 1re cl.	Paris.—Div. du nord et serv. spéc.
Jutier.	élève 2e cl.	A l'École.
L		
Labrosse-Luuyt. . . .	élève h. de conc.	Châlon.—Div. de l'est.
Lambert ✻.	ing. en ch. 2e cl.	En congé (Égypte).
Lamé ✻.	ing. en ch. 1re cl.	Com. des mach. à vap. et École polyt.
Lamé-Fleury.	élève h. de conc.	Le Mans.—Div. du nord-ouest.
Lamotte(de). *Voir* Vergnette.		
Lan	élève 2e cl.	A l'École.
Le Châtelier.	ing. ord. 1re cl.. .	Serv. spécial.
Lefébure de Fourcy. .	ing. ord. 1re cl. .	Paris.—Div. du nord et serv. spéc.
Le Play ✻.	ing. en ch. 1re cl. .	Paris.—École des mines et comm. de statist. de l'indust. minérale.
Lesbros..	élève 2e cl.. . . .	A l'École.
Levallois ✻.	ing. en ch. 1re cl.	Paris.—Cons. général des mines.
Lorieux ✻.	ing. en ch. 1re cl .	Paris.—Service spécial.
Luuyt. *V.* Labrosse.		
M		
Manès ✻.	ing. en ch. 1re cl.	Bordeaux.—Div. du sud-ouest et serv. ext.
Marignac (de). *Voir* Gallissart.		
Marrot ✻.	ing. en ch. 1re cl.	Périgueux.—Div. du sud-ouest.
Marsilly. *V.* Commines.		
Martha-Becker.	ing. ord. 2e cl. . .	En congé.
Meissonnier.	ing. ord. 2e cl. .	Draguignan.—Div. du sud-est.
Méniolle de Sizancourt.	élève 2e cl.	A l'École.
Meugy.	ing. ord. 2e cl. .	Lille.—Div. du nord.
Migneron (O ✻). . . .	insp. gén. 1re cl. .	Paris.—Division de l'ouest.
Mœvus.	ing. ord. 1re cl. .	Saint-Étienne.—Div. du centre et serv. ext.
Moutard.	élève 2e cl.	A l'École.

Noms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
N		
Nerville (de). *Voir* Guillebot.		
P		
Peschart d'Ambly. . .	élève hors de c. .	Mézières.—Div. du nord-est.
Phillips.	ing. ord. 2e cl. . .	Paris.—Service spécial.
Piérard.	ing. ord. 2e cl. . .	Paris.—Service spécial.
Pigeon.	ing. ord. 2e cl. . .	Lyon.—Div. du centre et serv. ext.
Piot.	ing. ord. 2e cl. . .	En congé.
R		
Regnault ✻.	ing. en ch. 2e cl.	Com. des mach. à vap. et École polyt.
Renouf.	ing. ord. 2e cl. . .	Rodez.—Div. du sud-ouest.
Reverchon ✻	ing. en ch. 2e cl. .	Troyes.—Div. du nord-est.
Reynaud.	ing. ord. 2e cl. . .	En congé.
Rivot.	ing. ord. 2e cl. . .	Paris.—Ecole des mines.
Roger.	élève h. de conc.	Grenoble.—Div. du nord-est.
Roussel-Galle ✻. . . .	ing. en ch. 1re cl. .	Saint-Etienne.—École des mineurs.
S		
Sagey.	ing. ord. 1re cl. . .	En réserve.
Saint-Léger (de) ✻. . .	ing. en ch. 2e cl. .	Rouen.—Div. du nord et serv. extr.
Sauvage ✻.	ing. ord. 1re cl. . .	*Chemin de fer de Paris à Lyon.*
Sénarmont (de). *Voir* Hureau.		
Senez ✻.	ing. en ch. 2e cl.	Nantes.—Div. de l'ouest.
Sens.	élève 2e cl.	A l'École.
Sentis.	ing. ord. 1re cl. .	Paris.—Div. du nord et serv. spécial.
T		
Thibaud ✻.	ing. en ch. 1re cl.	Alais.—Div. du sud-est.
Thirria (O ✻).	insp. gén. 2e cl. . .	Paris.—Division du centre.
Tournaire.	élève h. de conc.	École des mineurs de St-Étienne.
Transon.	ing. ord. 2e cl. . .	Ecole polytechnique.
Trautmann.	ing. ord. 3e cl. . .	Alais.—Div. du sud-ouest.
V		
Varin.	ing. en ch. 2e cl. .	En réserve.
Vène ✻.	ing. en ch. 2e cl. .	Toulouse.—Div. du sud-ouest.
Vergnette de Lamotte.	ing. ord. 2e cl. . .	En congé.
Ville.	ing. ord. 2e cl. . .	Algérie.
Villeneuve (de) ✻. . .	ing. ord. 1re cl. . .	En congé.

INGÉNIEURS DE TOUS GRADES EN RETRAITE.

Noms.	Grades.	Résidences.	Départements.
MM.			
Guényveau (O ✱)	insp. gén.	Paris	Seine.
Hérault ✱	insp. gén. hon.	Caen	Calvados.
Le Boullenger ✱	ing. ord.	Rive-de-Gier.	Loire.
Parrot	ing. en ch. hon.	Montbéliard.	Doubs.
Poirier de Saint-Brice ✱	ing. en ch.	Paris	Seine.
Trémery ✱	ing. en ch. dir.	Fontainebleau.	Seine-et-Marne.
Villefosse (Héron de) (O ✱)	insp. gén.	Paris	Seine.

VEUVES D'INGÉNIEURS PENSIONNÉES.

Noms et grades des maris.		Noms des veuves.	Résidences.	Départements.
MM.		Mesd.		
Allou	ing. en ch.	Fouillard	Paris	Seine.
Baillet	ing. en ch.	Payn Duperron.	Paris	Seine.
Champeaux-Saucy (de)	ing. en ch.	Collins de Gevaudan	Semur	Côte-d'Or.
Clère	ing. en ch.	Pléjot	Paris	Seine.
Collet-Decostils	ing. en ch.	Vintras	Paris	Seine.
Cressac (de)	ing. en ch.	Lamarque	Poitiers	Vienne.
D'Aubuisson	ing. en ch. dir.	Vignes de Puylaroque	Toulouse	H^te-Garonne.
De Gallois	ing. en ch.	Larges	St-Étienne.	Loire.
Furgaud	ing. en ch.	Michellet	Guéret	Creuse.
Leliève	insp. gén.	Ory	Paris	Seine.

RETRAITES ET DÉCÈS.

DU 1er JUILLET 1847 AU 1er JUILLET 1848.

RETRAITES.

Moisson-Desroches	ing. en chef 1re classe	15 mars 1848.
Héricart de Thury (O✱)	inspect. général 2e classe	30 avril 1848.
Berthier (O ✱)	inspect. général 2e classe	3 juin 1848.
Garnier (O ✱)	inspect. général 2e classe	19 juin 1848.
Gueymard (O ✱)	ing. en chef, directeur	*idem.*
Burdin (O ✱)	ing. en chef, directeur	3 juin 1848.
Lefebvre ✱	ing. en chef 1re classe	*idem.*

DÉCÈS.

Brongniart	ing. en chef 1re classe	7 octob. 1847.
Lecocq	ingénieur ordinaire	juin 1848.

LISTE GÉNÉRALE ET ALPHABÉTIQUE

DES GARDES-MINES

EN ACTIVITÉ OU EN DISPONIBILITÉ.

Noms des Gardes-Mines.	Résidences.	Services.
A		
Albert, 3e cl.	Briançon. . .	Hautes-Alpes, serv. ord.
Audoire, 3e cl.	Épinal. . . .	Vosges, serv. ord.
B		
Badynski, 1re cl. . . .	»	Algérie.
Barnier, 3e cl.	Alais.	Gard, serv. ord.
Barret de Besse, 3e cl.	Angers. . . .	Maine-et-Loire, serv. ord.
Bayon ✱, 1re cl. . . .	Rive-de-Gier..	Loire, serv. ord.
Bernard (A.), 1re cl. .	Aubin	Aveyron, serv. ord.
Bernard (H.), 2e cl.. .	Allevard.. . .	Isère, serv. ord.
Bertrand de Lom, 3e cl.	»	En congé.
Blanpied, 1re cl. . . .	Lyon.	Rhône, bat. à vapeur.
Bougarel, 3e cl. . . .	Paris.	Seine, mach. à vapeur.
Briotet, 3e cl.	Bourges . . .	Cher, min. et établ. métall.
Brisset, 4e cl.	Mézières. . .	Ardennes, serv. ord.
C		
Canaly, 3e cl.	Bourg (près Blaye). . . .	Gironde, serv. ord.
Chadeffaud, 3e cl.. . .	Arles-s.-Tech.	Pyrénées-Orientales, serv. ord.
Chambrette, 4e cl. . .	Chaumont. .	H.-Marne, minières et at. de lavage.
Cherbonneau.	Saumur. . . .	Maine-et-Loire, serv. ord.
Christian, 2e cl. . . .	Lille..	Serv. spécial.
Clère, 4e cl.	St-Étienne. .	Loire, serv. ordin.
Cluny, 3e cl.	»	Algérie.
D		
Ducas, 2e cl.	Reims	Marne, serv. ord. et appar. à vap.
Dunowski, 2e cl. . . .	Caen.	Calvados, serv. ord.
Dürrbach, 2e cl. . . .	Colmar. . . .	H.-Rhin, appar. à vap. et serv. ord.
F		
Faugière, 3e cl.	Montluçon. .	Allier, serv. ord.

Noms des Gardes-Mines.	Résidences.	Services.
Fragonard, 2ᵉ cl. . . .	Paris.	Seine, mach. à vapeur.
Freynet, 2ᵉ cl.	»	Algérie.
G		
Golembiowski, 2ᵉ cl..	Rouen. . . .	Service spécial.
Gosselin, 4ᵉ cl.	Fécamp. . . .	Seine-Infér., carrières de Fécamp.
Grand, [illegible]ᵉ cl.	Marseille. . .	Bouches-du-Rhône, serv. ord.
Guillet, 4ᵉ cl..	»	En congé.
H		
Heuret, 3ᵉ cl.	Blanzy	Saône-et-Loire, serv. ord.
Heuse, 4ᵉ cl.	Valenciennes.	Nord, serv. ord.
Huppé, 3ᵉ cl..	Tréveray. . .	Me[illegible] serv. ord. et atel. de lavage.
Huvé, 2ᵉ cl..	»	En congé.
J		
Jusseraud, 1ʳᵉ cl. . . .	Brassac. . . .	Puy-de-Dôme, serv. ord.
K		
Koss, 1ʳᵉ cl.	Saint-Étienne.	Loire, topogr. souterraine.
L		
Lacombe, 2ᵉ cl. . . .	Amiens. . . .	Somme, service spécial.
Lalouette-Aljoar, 4ᵉ cl.	Redon	Ille-et-Vilaine, serv. ord.
Laplanche, 2ᵉ cl. . . .	Tours.	Indre-et-Loire, serv. ord. et chem. de fer d'Orléans à Tours.
Latil, 3ᵉ cl..	»	Algérie.
Lauchet, 4ᵉ cl.	Châtillon. . .	Côte-d'Or, serv. ord. et ateliers de lavage.
Laurent, 3ᵉ cl.	Périgueux.. .	Dordogne, serv. ord.
Lebas, 2ᵉ cl.	Strasbourg. .	Bas-Rhin, serv. ord. et mach. à vap.
Legrand, 2ᵉ cl.	Rive-de-Gier.	Loire, serv. ord., topog. souter.
Lévy, 2ᵉ cl.	Valenciennes.	Nord, serv. ord. et mach. à vapeur.
M		
Mairet, 2ᵉ cl.	Châlon. . . .	Saône-et-Loire, serv. ord.
Makowiecki, 2ᵉ cl. . .	Meaux. . . .	Seine-et-Marne, serv. ord et mach. à vapeur.
Mallet, 3ᵉ cl.	Gray.	Haute-Saône, serv. ord.
Mathieu, 4ᵉ cl.	Metz.	Moselle, service ord.
Martin, 2ᵉ cl.	Paris.	Service spécial.
Mercanton, 3ᵉ cl. . . .	Latour-du-Pin	Isère, serv. ord.
Mercier, 4ᵉ cl.	Guéret.. . . .	Creuse, serv. ord.
Miziewicz, 3ᵉ cl. . . .	Sablé.	Sarthe, serv. ord. et topographie.

Noms des Gardes-Mines.	Résidences.	Services.
Mœvus, 2ᵉ cl.	»	Algérie.
Moklin, 3ᵉ cl..	Mennecy. . .	Seine-et-Oise, carrières et serv. ord.
O		
Orlowski, 2ᵉ cl.. . . .	Agen.	Lot-et-Garonne, bat. à vap.
P		
Paufert, 2ᵉ cl.	Vesoul	Haute-Saône, serv. ord.
Pestelard, 4ᵉ cl. . . .	Troyes. . . .	Aube, serv. ord.
Pomel, 3ᵉ cl.	Rennes. . . .	Ille-et-Vilaine, serv. ord.
R		
Ranchon, 4ᵉ cl. . . .	Alais	École des maîtres ouvr. mineurs.
Rosset, 2ᵉ cl..	Paris.	Loiret et Seine-et-Marne, S.-O.
Rouët, 3ᵉ cl.	Montpellier. .	Hérault, serv. ord.
Roy, 2ᵉ cl.	Jarnac. . . .	Charente et Char.-Inf., serv. ord.
Roze, 4ᵉ cl.	Vassy.	H.-Marne, minières et at. de lavage.
S		
Skoczynski, 4ᵉ cl. . .	Nevers. . . .	Nièvre, serv. ord.
Slawecki, 2ᵉ cl.. . . .	Rouen. . . .	Seine-Infér., serv. ord.
T		
Thouvenin, 4ᵉ cl.. . .	Versailles. . .	Seine-et-Oise, serv. ord.
Tournois, 3ᵉ cl.. . . .	Dijon.	Côte-d'Or, serv. ord.
W		
Wolski, 1ʳᵉ cl.	Nantes. . . .	Loire-Inf., serv. ord. et bat. à vap.

GARDE-MINES DÉCÉDÉ EN ACTIVITÉ.

Kienski, 4ᵉ cl. . . . Juillet 1848.

COMMISSIONS DE SURVEILLANCE

INSTITUÉES POUR LA NAVIGATION DES BATEAUX A VAPEUR (*).

ALLIER.

Lerouge.	Ing. en chef de la navig. de l'Allier.	Moulins.
Baudin.	Ingénieur en chef des mines.	
Pognon.	Ingénieur de la navig. de l'Allier.	
Méray	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Amar.	Professeur de mathématiques au collége de Moulins.	
Gaffarel.	*Idem.*	

BOUCHES-DU-RHÔNE.

Toussaint.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Marseille.
Diday.	Ingénieur des mines.	
Pascal.	Ing. ord. des ponts-et-chaussées.	
D'Heureux.	Commissaire général de la marine.	
Flandin-Vourlat. . .	Capitaine de port.	
Brun.	Sous-ingénieur de la marine.	
Catelin.	Officier de marine en retraite.	
Bazin.	Armateur de bateaux à vapeur.	
Taylor (Edouard). .	Constructeur-mécanicien.	
Lemaître.	Construct. de navires.	
Demanges.	Constructeur de machines à vapeur.	
De Grille.		Arles.
Collet.	Ingénieur du canal d'Arles à Bouc.	
Desplaces.	Ingénieur du chemin de fer.	
Surell.	Ing. de la navigation du Rhône.	
Rebeck.	Sous-commissaire de l'inscript. mar.	

(*) Ces Commissions sont établies en vertu des ordonnances des 23 mai 1843 et 17 janvier 1846, relatives aux bateaux à vapeur. Elles sont chargées, sous la direction des préfets, d'inspecter ces bateaux, de s'assurer s'ils sont construits avec solidité, particulièrement en ce qui concerne l'appareil moteur; si cet appareil est soigneusement entretenu dans toutes ses parties, et s'il ne présente pas de probabilités d'effractions ou des détériorations dangereuses, etc.

BOUCHES-DU-RHÔNE (*suite*).

Nom	Fonction	Lieu
Burle	Lieutenant de port.	Arles.
Souchière	Mécanicien.	Arles.
Bayol	Constructeur de navires.	Arles.
Aurant	Représentant de la compagnie des bateaux à vapeur *les Aigles*.	Arles.

CALVADOS.

Nom	Fonction	Lieu
Mounier	Ing. en chef directeur des ponts-et-chaussées.	Caen.
Tostain	Ing. en chef des ports maritimes de commerce du département.	Caen.
Durback	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Caen.
Duboscq	*Idem.*	Caen.
Exard	Lieutenant de port.	Caen.
Morin	Direct. de l'administ. des bat. à vap.	Caen.
Durand de la Borderie	Sous-commissaire de marine.	Caen.
Jeanmaire	Mécanicien.	Caen.

CHARENTE-INFÉRIEURE.

Nom	Fonction	Lieu
Nosereau	Direct. des constructions navales.	Rochefort.
Auriol	Ing. des constructions navales.	Rochefort.
Maitrot de Varennes	Ing. des constructions hydrauliques.	Rochefort.
Job	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	La Rochelle.
Leferme	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	La Rochelle.
Dupré	Prof. de physique.	La Rochelle.
Lepage	Constructeur de navires.	La Rochelle.
Cherbonnier	Sous-commissaire de marine.	La Rochelle.
Vatinel	Lieutenant de port.	La Rochelle.

CORSE.

Nom	Fonction	Lieu
N.	Ingénieur en chef des ponts-et-chaussées.	Ajaccio.
Kuss	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Ajaccio.
Colombet	Capitaine du génie.	Ajaccio.
Peri	Commissaire de l'inscription marit.	Ajaccio.
Sampolo	Maître de port.	Ajaccio.
Vogin	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Bastia.
Coutant	*Idem.*	Bastia.
Anfrie	Capitaine du génie.	Bastia.
Bonhomme	Capitaine d'artillerie.	Bastia.
Oletta	Lieutenant de port.	Bastia.
Biaggini	Commissaire de l'inscription marit.	Bastia.

CÔTES-DU-NORD.

Rougeul.	Ing. des ponts-et-chaussées.	Dinan.
Josselin.	Négociant.	
Gauchet.	Lieutenant de vaisseau en retraite.	

DORDOGNE.

Silvestre.	Conducteur, faisant fonctions d'ingénieur des ponts-et-chaussées.	Bergerac.
Rennes	Médecin.	
Eyriniac.	Ancien maire de Bergerac.	
Carré	Pharmacien.	
Bardy.	Mécanicien.	
Rigaud.	*Idem.*	

FINISTÈRE.

Aumaître.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Morlaix.
Vallée	Président de la chambre de comm.	
Baby.	Commissaire de l'inscr. maritime.	
Boyer.	Architecte.	
Le Loutre.	Capitaine au long cours.	
Duval	Maître de port.	
Lemoyne.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Brest.
Ronin.	Officier d'artillerie en retraite.	
Chedeville.	Ingénieur du génie maritime.	
Fauveau.	Capitaine du génie.	
Malassis.	Commissaire de l'inscript. maritime.	
Guyot.	Capitaine d'artillerie au Pont de Buis.	Châteaulin.
D'Assigny.	Commissaire à la poudrerie du Pont de Buis.	
Durest-le-Bris. . . .	Négociant armateur.	
Marzin.	*Idem.*	
Tourbiez.	Conducteur faisant fonctions d'ingénieur ord. à Châteaulin.	

GARD.

Thibaud.	Ing. en chef des mines.	Nîmes.
Plagniol.	Inspect. de l'Académie de Nîmes.	
Vassas.	Ancien élève de l'école polytech.	
Granier.	Chef de bataillon du génie.	
Dombre.	Ing. des ponts-et-chaussée.	

GARD (*Suite*).

Gaston Vincens. . .	Anc. capitaine d'artillerie.	Nîmes.
Denis Benoist. . . .	Exploit. des fond. et forges d'Alais.	Nîmes.
Rousseau.	Ingénieur civil.	Nîmes.
Bouchet aîné.	Mécanicien.	Nîmes.
Tavernel.	Ancien maire de Beaucaire.	Beaucaire.
De Chastellier. . . .	Ancien officier de marine.	Beaucaire.
Talabot.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Beaucaire.
Surell.	Ing. du service spécial du Rhône.	Beaucaire.
Hébert.	Anc. élève de l'école polytechnique.	Beaucaire.
De Labaume.	Lieut.-col. d'ét.-major en retr.	Beaucaire.
Sibour.	Ancien maire de Pont-St-Esprit.	Beaucaire.
Clerc.	Ancien maire de Roquemaure.	Beaucaire.

GIRONDE.

Manès.	Ingénieur en chef des mines.	Bordeaux.
Deschamps.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Bordeaux.
Drœling	*Idem.*	Bordeaux.
Gonnaud.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Bordeaux.
Jaquemet..	*Idem.*	Bordeaux.
Tabuteau.	*Idem.*	Bordeaux.
Alphand.	*Idem.*	Bordeaux.
Chambrelent.	*Idem.*	Bordeaux.
Pairier.	*Idem.*	Bordeaux.
Lancelin.	*Idem.*	Bordeaux.
De Bellegarde. . . .	*Idem.*	Bordeaux.
Simon.	*Idem.*	Bordeaux.
Naigeon.	Commissaire de l'inscription marit.	Bordeaux.
Cousin père.	Constructeur de navires.	Bordeaux.
Aligé.	Capitaine de port à Bordeaux	Bordeaux.
Fol.	Mécanicien.	Bordeaux.
Courau fils.	Constructeur de navires.	Bordeaux.
Magouty.	Pharmacien chimiste.	Bordeaux.

HÉRAULT.

Dupont..	Ingénieur des mines.	Cette.
Raynal.	Ing. en chef des travaux maritimes.	Cette.
Lonjon.	Ingénieur ord. *idem.*	Cette.
Reynaud.	Ingénieur civil.	Cette.
Monsservin	Armateur.	Cette.
Laurent Fournier. .	Ancien capitaine au long cours.	Cette.
Eynard.	Capitaine de port.	Cette.
Courton.	Commissaire de l'inscription marit.	Cette.

ILLE-ET-VILAINE.

Féburier.	Ingénieur en chef directeur.	Saint-Malo.
Cunat.	Ancien officier de marine.	
Fontan.	Armateur.	
Bourdet.	Constructeur de navires.	
Picard.	*Idem.*	
Gouazon.	Propriétaire de corderie.	
Guibert.	Armateur.	
Féburier.	Ingénieur en chef directeur.	*Idem.*
Gouazon.	Propriétaire de corderie.	
Cunat.	Ancien officier de marine.	
Debon.	Commiss. de l'inscript. maritime.	
Hercouët	Lieutenant de port.	
Descottes	Fondeur.	
Pivert.	Capitaine au long cours, construct. de navires.	

INDRE-ET-LOIRE.

Bailloud.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Tours.
Descottes.	Ingénieur des mines.	
Sagey.	*Idem.*	
N.	Maire de Tours.	
Jacquemin.	Architecte.	
Borgnet.	Profess. de math. au lycée de Tours.	

LOIRE-INFÉRIEURE.

Senez.	Ing. en chef des mines.	Nantes.
Jégou	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	
Lechalas.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
De la Gournerie. . .	*Idem.*	
Degrand.	*Idem.*	
Wattier.	*Idem.*	
De Chancourtois . .	Ingénieur des mines.	
Masson	Ingénieur de la marine, attaché à l'établissement d'Indret.	
Leray.	Constructeur de navires.	
Bertrand Fourment.	Mécanicien.	
Saint-Amour	Ingénieur civil.	
Dubigeon	Constructeur de navires.	

LOIRET.

Coumes.	Ing. en chef de la navigation.	Orléans.
Delaitre.	Ingénieur ord. *idem*.	
Lacave.	Ancien Ing. en chef des ponts-et-ch.	
Germon-Doutville.	Présid. de la chambre de comm.	
Chavannes.	Président du tribunal de comm.	
Weber.	Mécanicien.	
Hazard.	Manufacturier.	

LOT-ET-GARONNE.

Letrain.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Agen.
N.	Secrétaire général de la préfecture.	
Couturier.	Ingénieur en chef de la Garonne et du canal latéral.	
Protche	Ingénieur ordinaire.	
Bérard.	Chef de bureau à la préfecture.	
Demay.	Conducteur, f. fonct. d'ing. ord.	
Ferret.	*Idem*.	
Sevin.	Voyer en chef du département.	
Bartayrès.	Professeur de mathématiques.	
Descressonnières.	Ancien élève de l'Ecole Polytech.	
Marraud.	*Idem*.	

MAINE-ET-LOIRE.

Fourier.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Angers.
Cacarrié.	Ingénieur des mines.	
Grille.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Crosson.	Prof. de mathém. au coll. d'Angers.	
Calabert.	Mécanicien.	
Houyan.	Mécanicien.	
Lesourd-Delisle.	Inspect. honoraire de la navigation.	
Billard.	Marchand de pompes.	
Voisin.	Ancien fabricant de pompes.	
Rabbe.	Chef de bureau à la préfecture.	

MORBIHAN.

Leclerc.	Ing. en chef des travaux maritimes.	Lorient.
Noyon.	Ing. ord. des ponts-et-chaussées.	
Audenet.	Sous-ingénieur de la marine.	

MOSELLE.

Le Joindre.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Metz.
Jacquot.	Ingénieur des mines.	
Frécot.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Boulangé.	*Idem.*	
Didion.	Chef d'escadron d'artillerie.	
Glavet.	Constructeur de machines.	
Vandernoot.	Architecte.	
De Pontbriant . . .	Ing. civil.	

NIÈVRE.

Dufand père.		Nevers.
Boucaumont.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	
Guilland.	Chef d'escadron d'artillerie.	
Bompois.	Propriétaire.	
Gréfis.	Ing. mécanicien.	

NORD.

Cuel.	Ing. en ch. des ports de Dunkerque et Gravelines.	Dunkerque.
De Bormans.	Ingénieur ordinaire *idem.*	
Cabaret.	Commissaire de la marine.	
Malo Gaspard. . . .	Constructeur.	
Caron.	Ancien lieutenant de vaisseau.	
Dupays.	Maître de port.	

OISE.

Soleau.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées	Compiègne.
Commines de Marsilly.	Élève-ingénieur des mines.	
Beautrain.	Inspect. de la navigation de l'Oise.	
Ouarnier.	Maître de port.	
Le Prince.	Ancien marinier.	
Mulochot.		

PAS-DE-CALAIS.

Marguet.	Ex-ingénieur en chef du port.	Boulogne.
Fodor	Commissaire de l'inscr. maritime.	
Pollet.	Ex-capitaine de port.	
Voisin.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Legris.	Professeur d'hydrographie.	
Néhou.	Ing. en chef du port.	Calais.
Quehen..	Commissaire de marine.	
Margollé.	Capitaine de port.	
Valdelièvre fils . . .	Mécanicien.	
Darquer.	Directeur d'usine à vapeur.	

PYRÉNÉES (BASSES-).

Durant.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Bayonne
Daguenet	*Idem.*	
Bossey.	Ingénieur des mines.	
Paul Julien.	Conducteur des ponts-et-chaussées.	
François Stein. . . .	Mécanicien.	
Detroyat.	Membre de la chambre de comm.	
Descande	Constructeur de navires.	
Jauréguiberry. . . .	Capitaine de port.	

RHIN (BAS-).

Couturat.	Ing. en chef des travaux du Rhin.	Strasbourg.
De Billy.	Ing. en chef des mines.	
Schwilgué.	Mécanicien.	
Persoz.	Prof. à la faculté des sciences.	
Busch	Maître batelier.	
Daubrée.	Ingénieur des mines.	

RHÔNE.

Jordan.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Lyon.
O'Brien.	Ingénieur en chef en retraite.	
Tabareau.	Doyen de la Faculté des sciences.	
Malmazet..	Propriétaire.	
Gauthier.	Négociant.	
Montgolfier.	Mécanicien.	
Monmartin..	Ancien officier du génie.	
Meynard.	Ing. en ch. de la 1re sect. du Rhône.	
Perrey.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Benard	*Idem.*	
Gros.	*Idem.*	
Thiollière..	Ing. ord. de la navigat. du Rhône.	
Pigeon.	Ingénieur des mines.	

SAÔNE-ET-LOIRE.

Comoy.	Ing. en chef du canal du Centre.	Châlon.
Delsériès.	Ing. en chef des mines.	
Tavernier.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Maire.	*Idem.*	
Müller.	Él.-Ingén. des ponts-et-chaussées.	
Boissenot..	Pharmacien.	
Bessy.	Chimiste.	
Champonnois - Bugniot	Négociant.	

SEINE.

Lorieux.	Ingénieur en chef des mines.	Paris.
Michal.	Ing. en ch. dir. de la nav. de la Seine.	
De Sénarmont. . . .	Ingénieur en chef des mines.	
Phillips	Ingénieur des mines.	
Bruzard.	Architecte de la petite voirie.	
Lechalier..	Inspecteur général de la navigat.	
Saulnier.	Ancien mécanicien des monnaies, memb. du cons. gén. des manuf.	

SEINE-ET-MARNE.

Dajot.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Melun.
Gentil.	Ingénieur des mines.	
Mangeon.	Architecte du département.	
Prévost..	Pharm. de la mais. cent. de Melun.	
Mondot..	Inspecteur de la navigation.	Montereau.
Duhaut-Plessis. . . .	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Bassompierre-Sewrin.	*Idem.*	
Lefebvre.	Conducteur des ponts-et-chaussées.	
Tonnelier.	Médecin.	
Valette.	Direct. de la manufact. de faïence.	
Girault-Dabon. . . .	Ancien serrurier-mécanicien.	

SEINE-ET-OISE.

Billaudel	Ing. des ponts-et-chaussées.	St-Germain-en-Laye.
Guy.	Ancien député, propriétaire.	
Minot	Inspecteur de la navigation.	
De Breuvery.	Anc. maire de St-Germain.	
Marcus.	Docteur-médecin.	

SEINE-ET-OISE (*suite*).

Du Boulet.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Mantes.
Chevallier.	Maire de la ville de Mantes.	
Tortel.	Juge suppléant au trib. de Mantes.	
Desmarres.	Mem. du cons. mun. de Mantes.	
Vaizières.	Ing. des ponts-et-chaussées.	Corbeil.
Feret.	Membre du conseil général.	
Gaigneau.	Manufacturier.	
Darblay.	*Idem.*	
Laroche.	Propriétaire.	

SEINE-INFÉRIEURE.

Doyat..	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Rouen.
De Saint-Léger. . . .	Ing. en chef des mines.	
Adamoli.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Lepeuple.	*Idem.*	
Legrand.	Capitaine de port.	
Boucher.	Inspecteur de la navigation.	
Gueroult.	Ancien constructeur de navires.	
Delcourt.	Chef de division à la préfecture.	
Delafosse.	Négociant.	
Boutigny.	Conduct. des ponts-et-chaussées.	
Renaud..	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Le Havre.
Chevallier.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Chatoney.	*Idem.*	
Hérard..	*Idem.*	
N.	Commissaire de l'inscription marit.	
N.	Directeur du port.	
Leméthever.	Capitaine de port.	
Gotrot.	Ancien capitaine au long cours.	
Maire.	Conducteur des ponts-et-chaussées.	
Aribaut.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Dieppe.
Fadeville.	Lieutenant de port.	
Buffard..	Ancien officier de marine.	
Legal..	Ancien capitaine au long cours.	
Fanouilleret.	Constructeur de navires.	

SOMME.

Van-Blarenberghe .	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Saint-Valery.
Richard.	Commissaire de marine.	
Delahaye.	Conduct. des ponts-et-chaussées.	
Darras..	Professeur d'hydrographie.	
Gamain..	Lieutenant de port.	

VAR.

Sochet.	Ingénieur de la marine.	Toulon.
Dupuy-Delôme. . . .	*Idem.*	
Lambert.	Ingénieur des travaux hydrauliq.	
Tassy.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Marchand..	Capitaine de port.	
Gueit.	Architecte.	
N.	Commissaire de l'inscription marit.	
Marielle	Sous-ingénieur de la marine.	

ALGÉRIE (*).

Beguin.	Ing. en ch. des ponts-et-chaussées.	Alger.
Massiau.	Capitaine de frégate, capit. de port.	
Ville.	Ingénieur des mines.	
Battarel.	Sous-commissaire de marine.	
Dubès.	Maître mécanicien de la marine.	
Aucourt.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Oran.
De Vauban.	Chef du génie.	
Cordé.	Lieutenant de vaisseau, directeur du port.	
Bertrand.	Aide-commissaire de marine.	
Gréban.	Commandant, chef du génie.	Bône.
Dubocq.	Ingénieur des mines.	
Bertin.	Lieutenant de vaisseau, directeur du port.	
Fouque.	Sous-commissaire de marine.	
De Marqué.	Capitaine de frégate, commandant de la marine.	Philippeville.
Lyonnet.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
De Marsilly.	Capitaine, chef du génie.	
Garcin.	Capitaine de la santé.	

(*) Les commissions de l'Algérie ont été établies en vertu d'un arrêté du gouverneur général, en date du 17 juillet 1848; elles sont chargées de s'assurer que les bateaux à vapeur de commerce français qui stationnent dans les ports de la colonie possèdent toutes les garanties de construction, de stabilité, d'armement, et les appareils de sûreté exigés par l'ordonnance du 17 janvier 1846.

ACTES DE COURAGE
ET
DE DÉVOUEMENT (1).

Extrait d'une décision, en date du 6 mars 1848, *par laquelle le membre du Gouvernement provisoire ministre de l'intérieur a décerné, au nom du Peuple, des médailles d'honneur aux citoyens qui ont été signalés pour des actes de courage et de dévouement depuis le* 1er *juillet* 1847 *jusqu'au* 1er *janvier* 1848. (Moniteur *du* 1er *avril* 1848.)

NOMS, prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE DES FAITS.	MÉDAILLES en or.	MÉDAILLES en argent.	MÉDAILLES en bronze.
		LOIRE.		classe.	
RABERIN aîné (Jean), agent comptable de la compagnie des mines de Fraisses et Unieux.	Fraisses, 14 octobre 1847.	Vers les trois heures du matin, une explosion de gaz eut lieu dans le puits n° 2, dit du *Bas-Monteau*, concession d'Unieux et Fraisses. Le sieur Raberin descendit seul dans le puits, sans qu'aucun des ouvriers qui travaillaient à l'orifice voulût l'accompagner. Pendant l'espace de quatre heures que dura son exploration souterraine, Raberin courut plus d'une fois le danger d'être asphyxié; mais il vit bientôt ses efforts couronnés de succès, car il parvint, quoiqu'avec peine, à rapporter jusqu'à l'entrée du puits les corps de deux ouvriers qui gisaient à une distance d'environ 380 mètres. N'ayant pu rappeler à la vie ces deux infortunés, il se livra à de nouvelles recherches pour découvrir le troisième ouvrier; mais elles furent infructueuses, celui-ci ayant été lancé, par la force de l'explosion, dans une galerie où l'on était loin de soupçonner qu'il se trouvât.		2e	

(1) Voir les notices publiées dans les Annales des mines, 4e série, tome XII, p. 749 et suivantes.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XIII.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

ADMINISTRATION.

PLANCHES JOINTES AU TOME XIII

DE LA 4e SÉRIE DES ANNALES DES MINES.

Pag

elle forme la masse principale des ballons de Servance et de Giromagny, et elle peut en être considérée comme la syénite normale. 671

Fig. 7. Syénite composée de cristaux d'orthose mal définis, andésite rouge brunâtre, hornblende vert noirâtre et quartz gris, du ballon de Giromagny. 673

Fig. 8. Syénite composée de grands cristaux d'orthose brunâtre, andésite rouge de corail, hornblende vert noirâtre et quartz gris, du Plain de Coravillers, sur la route de Faucogney. 673

Fig. 9. Variété de syénite renfermant seulement quelques lamelles d'orthose, et au contraire beaucoup d'andésite blanc-verdâtre, de l'hornblende vert-noirâtre et du quartz gris figurant des caractères hiéroglyphiques; de Château-Lambert, sur la route du Tillot. 679

Fig. 10. Rectangle divisé pouvant servir à la détermination graphique de la densité de la syénite, ainsi qu'à celle des quantités de silice, d'alumine, d'oxyde de fer, etc., qu'elle renferme. 689

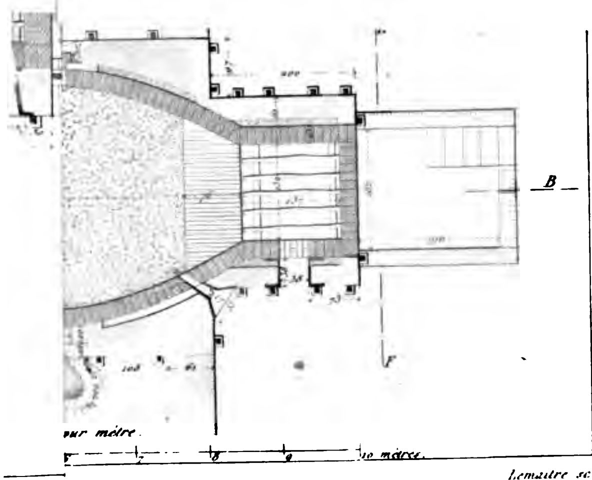
Fig. 11. Serpentine à pâte vert-noirâtre contenant des nodules de grenat vert-grisâtre et rougeâtre, de la chlorite qui remplit une veine et pénètre certains grenats, ainsi que des veinules entre-croisées et très-fines de chrysotil; du Col du Perthuis, commune de Liésey (Vosges).

Fig. 12. Plexus formé par des veinules de chrysotil dans la serpentine d'Eloyez (Vosges).

Fig. 13. Grenat formé de parties concentriques vert-grisâtres et rougeâtres, présentant près de sa circonférence une couronne de petits cristaux de chrômite de fer; de Saint-Charmes, près Remiremont (Vosges).

Fig. 14. Nodules formées par des lamelles de chlorite dans la serpentine des Vosges.

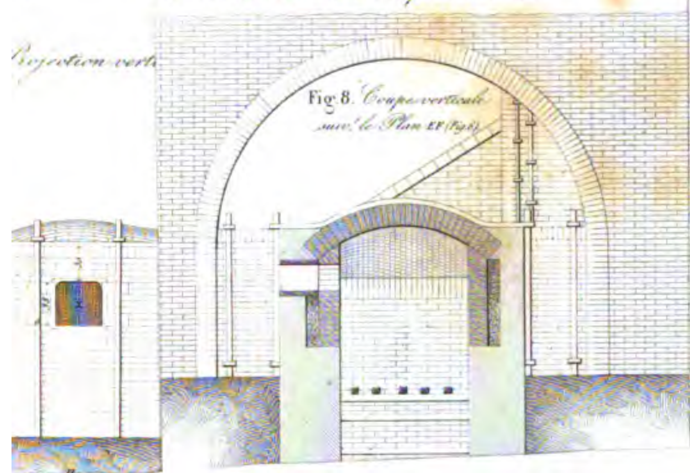
FIN DU TOME XIII


B
F
...ur mètre.
10 mètres.
Lemaitre sc.

[redacted]

…ICATION

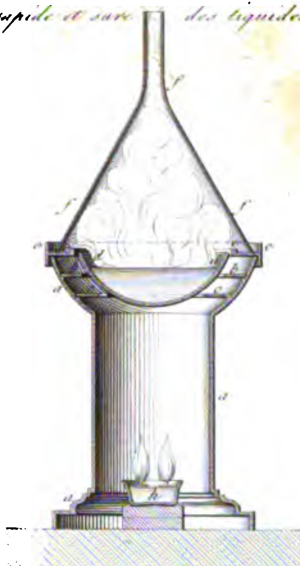
PL. II.



stanneux
vendre
à repasser en IV
Fonds cuivreux à rôtir en IX
VII
Matte blanche extra
VIII
en rouge
blanche
tte blanche ordinaire
Matte rouge
IX
Cuivre brut
X
Cuivre raffiné à vendre
repasser en IV
Scories très riches à repasser en IV
A
Lemaître sc.

...z sulfide hy...

Fig. 3. Fourneau veilleuse pour l'évaporation rapide et sure des liquides.



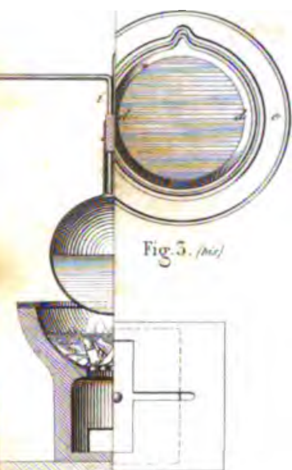


Fig. 3. (bis)

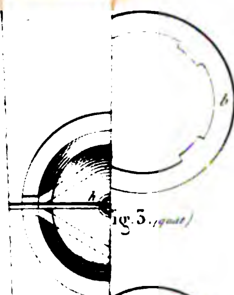


Fig. 3. (quat.)

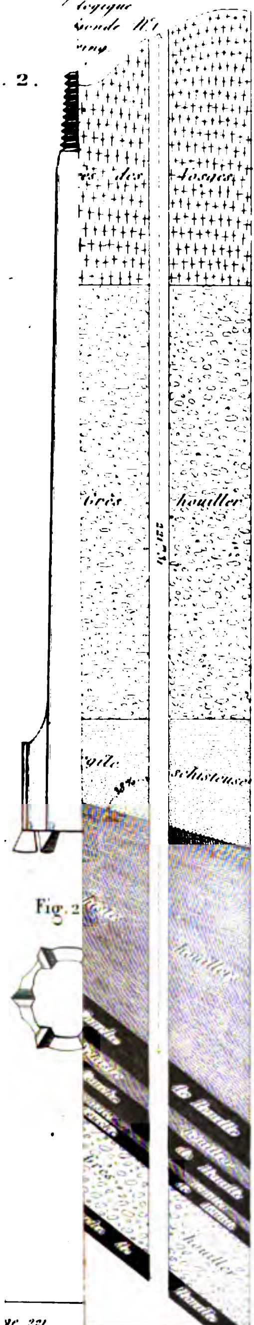
... de 0m 15 p...

Fig 3. (quint.)



Fig. 3. (ter)

Lemaitre sc.


Fig. 2.
Grès des Vosges
Grès houiller
Argile schisteuse
houiller
Fig. 2


Coupe géologique
du trou de sonde N.° 4
à la petite Rosselle
Fig. 8.
Grès des Vosges
Grès houiller
Argile schisteuse
houiller
houille
grès

Lemaitre sc.

PL. VI.

...de Zinc dans la haute Silésie.

...s zincifères de Scharley.

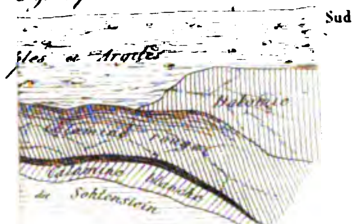


Fig. 6.

...zincifères de Thérèse et Rocco.

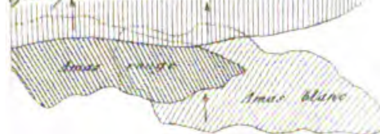


Fig. 7.

...Plan Fig. 7 suivant AB.

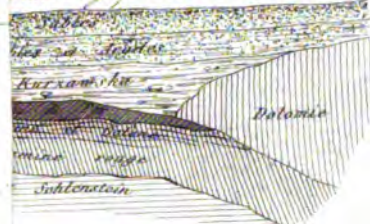


Fig. 8.

...mas zincifères de Maria.

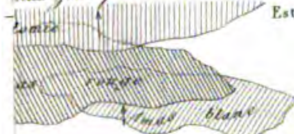


Fig. 9.

...réduction ... des amas zincifères de Rudolph.



Fig. 10.

...Plan de Rudolph au nord de la concession.

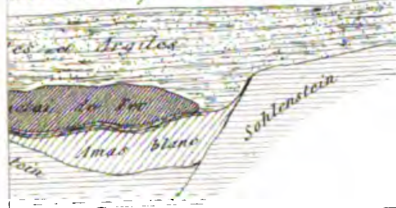
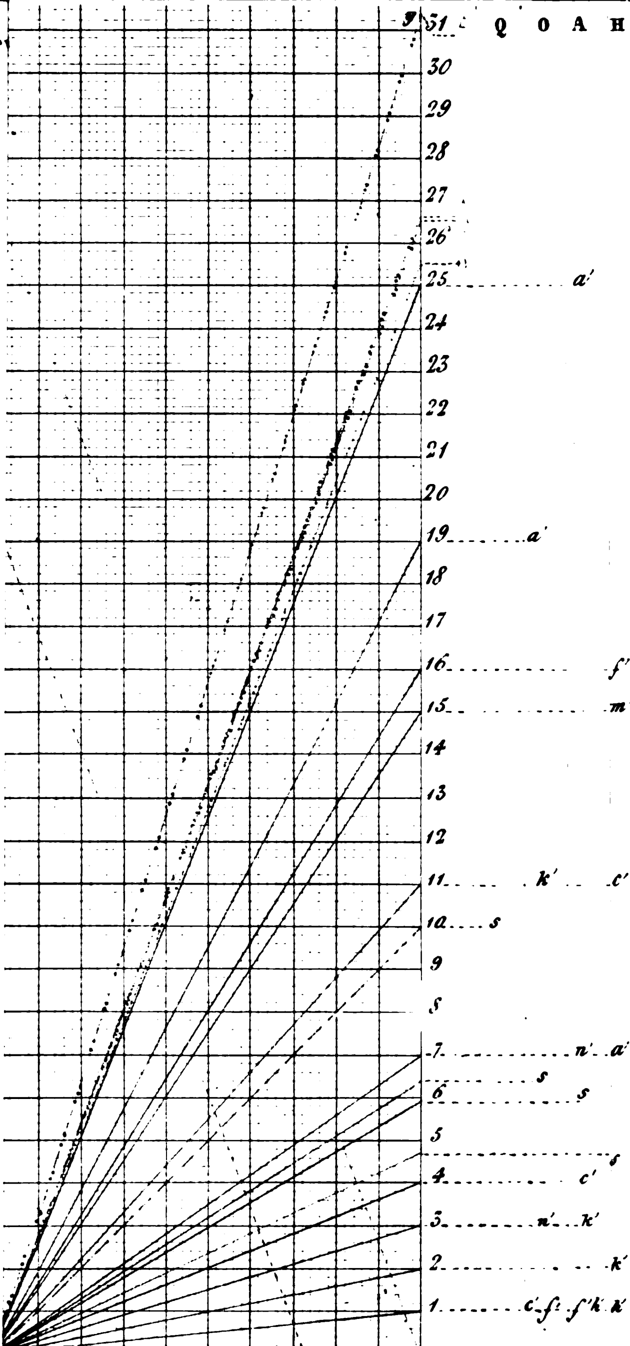


Fig. 11.

Lemaitre sc.

pages 225, 2...

Ser


Q O A H
31
30
29
28
27
26
25 a'
24
23
22
21
20
19 a'
18
17
16 f'
15 m'
14
13
12
11 k' c'
10 s
9
8
7 n' a'
s
6 s
5
s
4 c'
3 n' k'
2 k'
1 c' f' f'k k'





